ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1917

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

MIT 7 TAFELN

Smithsonian Institution
26587
FEB 8 1921
Office Library

BERLIN 1917

VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1917

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1917

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

MIT 7 TAFELN

Smithsonian Institution
26587
FEB 31921
Office Library

BERLIN 1917

VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

Inhalt

Öffentliche Sitzungen . . . . . S. VII
Verzeichnis der im Jahre 1917 gelesenen Abhandlungen . . . . . S. VII—XII
Bericht über den Erfolg der Preisausschreibungen für 1917 und neue Preisausschreibung . . . . . S. XIII—XIV
Verzeichnis der im Jahre 1917 erfolgten besonderen Geldbewilligungen aus akademischen Mitteln zur Ausführung wissenschaftlicher Unternehmungen . . . . . S. XIV—XVI
Verzeichnis der im Jahre 1917 erschienenen im Auftrage oder mit Unterstützung der Akademie bearbeiteten oder herausgegebenen Werke S. XVI—XVII
Veränderungen im Personalstande der Akademie im Laufe des Jahres 1917 S. XVII—XVIII
Verzeichnis der Mitglieder der Akademie am Schlusse des Jahres 1917 nebst den Verzeichnissen der Inhaber der Helmholtz- und der Leibniz-Medaille und der Beamten der Akademie, sowie der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw. . . . . S. XIX—XXXI

Abhandlungen

Nr. 1. W. Köhler: Intelligenzprüfungen an Anthropoiden. I (Mit 3 Tafeln) . . . . . S. 1—213
„ 2. von Waldeyer-Hartz: Die Intraparietalnähte (Mit 4 Tafeln) S. 1—69

JAHR 1917.

Öffentliche Sitzungen.

Sitzung am 25. Januar zur Feier des Geburtsfestes Seiner Majestät des Kaisers und Königs und des Jahrestages König Friedrichs II.

Der an diesem Tage vorsitzende Sekretar Hr. Planck eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache. Darauf berichtete Hr. von Waldeyer-Hartz über die Anthropoidenstation auf Teneriffa und erstattete Hr. Hirschfeld einen eingehenderen Bericht über die Sammlung der lateinischen Inschriften. Es folgte der wissenschaftliche Festvortrag von Hrn. Rubens: Das ultrarote Spektrum und seine Bedeutung für die Bestätigung der elektromagnetischen Lichttheorie. Weiter machte der Vorsitzende Mitteilung von den seit dem Friedrichstage 1916 in der Akademie eingetretenen Personalveränderungen, gab einen kurzen Jahresbericht und verkündigte, daß die Akademie die Helmholtz-Medaille dem ordentlichen Professor an der Universität München Geheimen Rat Dr. Richard von Hertwig verliehen und die Helmholtz-Prämie von 1800 Mark dem ordentlichen Professor an derselben Universität Dr. Arnold Sommerfeld zuerkannt habe. Zum Schluß verlas er ein Telegramm, das aus Anlaß der heutigen Feier an Seine Majestät den Kaiser und König zu richten die Akademie beschlossen hatte.

Sitzung am 28. Juni zur Feier des Leibnizischen Jahrestages.

Hr. Roethe, als vorsitzender Sekretar, eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache. Darauf hielt Hr. Schäfer den wissenschaftlichen Festvortrag: Zur Geschichte deutscher allgemeiner Wehrpflicht. Sodann wurden Mitteilungen gemacht über die Akademische Preisaufgabe aus dem Gebiete der Philosophie, über ein Preisausschreiben aus dem Cotheniusschen Legat, über das Stipendium der Eduard-Gerhard-Stiftung und über die Stiftung zur Förderung der kirchen- und religionsgeschichtlichen Studien im Rahmen der römischen Kaiserzeit (saec. I—VI). Schließlich wurde verkündigt, daß die Akademie die Leibniz-Medaille in Gold dem Geheimen Kommerzienrat Leopold Koppel in Berlin verliehen habe.

Verzeichnis der im Jahre 1917 gelesenen Abhandlungen.

Physik und Chemie.

Einstein, kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. (Kl. 8. Febr.; *SB.*)

Beckmann, Kryoskopie und Allotropie des Schwefels. (GS. 15. Febr.)

Fischer, über die Synthese der Glucoside. (GS. 19. April.)

Planck, über einen Satz der statistischen Dynamik und seine Erweiterung in der Quantentheorie. (Kl. 10. Mai; *SB.*)

Warburg, über die Theorie der photochemischen Vorgänge. (GS. 24. Mai.)

Degering, Prof. H., ein Alkoholrezept aus dem 8. Jahrhundert. Vorgelegt von Diels. (GS. 19. Juli: *SB.*)

Rubens, über die Brechungsexponenten einiger fester Körper für kurze Hertzsche Wellen. (Kl. 26. Juli; *SB.*)

Nernst, über die unmittelbare Anwendung des neuen Wärmesatzes auf Gase. (GS. 18. Okt.)

Mineralogie und Geologie.

Liebisch und Dr. A. Wenzel, die Interferenzfarben des Quarzes im polarisierten Licht. I. (GS. 11. Jan.; *SB.*)

Branca, über die Bedeutung der magmatischen Erdbeben gegenüber den tektonischen. (Kl. 7. Juni; *SB.*)

Liebisch und Dr. A. Wenzel, die Interferenzfarben des Quarzes und des Natriumchlorats im polarisierten Licht. II. (Kl. 6. Dez.; *SB.* 20. Dez.)

Botanik und Zoologie.

Haberlandt, über den Geotropismus einiger niederer Pflanzen. (Kl. 18. Jan.)

Brauer, über Doppelbildungen des Skorpions (Euscorpius carpathicus L.) (Kl. 8. März; *SB.*)

Correns, über das gemeinsame Vorkommen einer dominierenden und einer rezessiven Sippe im Freien. (GS. 15. März.)

Haberlandt, über die Deformationen des sensiblen Protoplasmas bei der Reizung pflanzlicher Sinnesorgane für mechanische Reize. (GS. 13. Dez.)

Correns, ein Fall experimenteller Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. (GS. 13. Dez.; *SB.*)

Hartmann, Prof. M., Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels (Entwicklung, Fortpflanzung, Befruchtung und Vererbung) der Phytomonadinen (Volvocales). II. Mitteilung. Vorgelegt von Correns. (Kl. 20. Dez.; *SB.*)

Anatomie und Physiologie, Pathologie.

von Waldeyer-Hartz, über Intraparietalnähte. Zweite Mitteilung. (Kl. 22. März; *Abh.*)

von Waldeyer-Hartz, über die Entwicklung des Hinterhauptsbeins. (Kl. 26. April.)

Rubner, über die Verdauung der Nahrungsmittel bei dem Menschen. (Kl. 25. Okt.)

Orth, zur Nomenklatur der Tuberkulose. (Kl. 8. Nov.; *SB.*)

Astronomie, Geographie und Geophysik.

Hellmann, über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. Zweite Mitteilung. (Kl. 22. Febr.; *SB.*)

Hellmann, über die angebliche Zunahme der Blitzgefahr. (Kl. 22. Febr.; *SB.*)

Guthnick, Prof. P., und Dr. R. Prager, Untersuchung des Lichtwechsels von β Lyrae auf Grund lichtelektrischer Messungen. Vorgelegt von Struve. (Kl. 22. Febr.; *SB.* 8. März.)

Struve, über den neuen großen Refraktor der Babelsberger Sternwarte. (Kl. 12. Juli.)

Kempf, Prof. P., über Refraktion auf der Sonne und die Höhenlage der Kalziumflocken. Vorgelegt von Struve. (Kl. 12. Juli; *SB.*)

Schmidt, Prof. A., über Schwingungen in einem unregelmäßig veränderlichen Kraftfelde. Vorgelegt von Hellmann. (Kl. 8. Nov.; *SB.* 22. Nov.)

Penck, über die Poebene. (GS. 15. Nov.)

Hellmann, über strenge Winter. (Kl. 20. Dez.; *SB.*)

Mathematik.

Weyl, Prof. H., über die Starrheit der Eiflächen und konvexen Polyeder. Vorgelegt von Frobenius. (Kl. 8. März; *SB.* 22. März.)

Frobenius, über zerlegbare Determinanten. (Kl. 12. April; *SB.*)

Schur, Prof. I., ein Beitrag zur additiven Zahlentheorie und zur Theorie der Kettenbrüche. Vorgelegt von Frobenius. (Kl. 26. April; *SB.* 3. Mai.)

Schottky, über die Theta von drei Veränderlichen als elliptisch-hyperelliptisch betrachtet. (GS. 5. Juli.)

Einstein, eine Ableitung des Theorems von Jacobi. (Kl. 22. Nov.; *SB.*)

Mechanik.

Müller-Breslau, Knickfestigkeit gegliederter Stäbe. (Kl. 21. Juni.)

Philosophie.

Erdmann, die Idee von Kants Kritik der reinen Vernunft. (Kl. 8. März; *Abh.*)

Stumpf, die Attribute der Gesichtsempfindungen. (GS. 18. Okt.; *Abh.*)

Stumpf, über die Synthese von Vokalen und Instrumentalklängen. (GS. 1. Nov.)

Erdmann, orientierende Bemerkungen über die Quellen zur Leibnizischen Philosophie. (Kl. 6. Dez.; *SB.*)

Erdmann, Inhalt und Bedeutung des Begriffs der Kontinuität bei Leibniz. (Kl. 6. Dez.)

Prähistorie.

Schuchhardt, über die sogenannte Lausitzer Keramik, ihren Ursprung und ihre Dauer. (Kl. 26. April.)

Geschichte des Altertums.

de Groot, über die älteste Geschichte des Hunnischen Reichs. (GS. 29. März.)

Mittlere und neuere Geschichte.

Hintze, über das System der inneren Politik Friedrichs des Großen. (GS. 3. Mai.)

Meinecke, über die Entstehung des modernen politischen Nationalbewußtseins und über die Unterschiede von Liberalismus und Demokratie. (Kl. 21. Juni.)

Kirchengeschichte.

Holl, der Ursprung des Epiphanienfestes. (GS. 14. Juni; *SB.*)

Sachau, von der ältesten Geschichte und Verfassung des Christentums in asiatischen Ländern. (Kl. 12. Juli.)

von Harnack, welche Stelle ist der Kirche in ihrer Entwicklung bis zum 4. Jahrhundert innerhalb der Universalgeschichte anzuweisen? (Kl. 25. Okt.)

E. Meyer, über das Geschichtswerk des Lukas. (Kl. 20. Dez.)

Rechtswissenschaft.

Seckel, die Pseudoisidor-Exzerpte und die übrigen Angilram-fremden Texte in dem Libellus des Bischofs Hinkmar von Laon. (Kl. 22. März.)

Seckel, über die Doktorandenanrede des Wilhelmus Accursii an seinen Promotor und Bruder Franciscus Accursii vom Dezember 1265. (Kl. 10. Mai.)

Allgemeine, deutsche und andere neuere Philologie.

Heusler, die zwei altnordischen Sittengedichte des Havamal nach ihrer Strophenfolge. (GS. 1. Febr.; *SB.*)

Schuchardt, zu den romanischen Benennungen der Milz. (GS. 15. Febr.; *SB.*)

Roethe, über Goethes Campagne in Frankreich. (Kl. 10. Mai.)

K. Meyer, über die Anordnung des Ogamalphabets. (Kl. 7. Juni; *SB.*)

K. Meyer, ein altirisches Bittgedicht an die Jungfrau Maria. (Kl. 21. Juni; *SB.*)

Morf, über die Etymologie von franz. habiller. (Kl. 12. Juli.)

Urtel, Prof. H., zum Iberischen in Südfrankreich. Vorgelegt von Morf. (Kl. 12. Juli; *SB.* 26. Juli.)

Morf, über die Folioausgabe der Essais Montaignes durch Marie de Gournay von 1635. (Kl. 26. Juli.)

Schuchardt, Sprachverwandtschaft. (Kl. 26. Juli; *SB.*)

K. Meyer, zur keltischen Wortkunde. VII. (Kl. 8. Nov.; *SB.* 22. Nov.)

Morf, Lessings Urteil über Voltaire. (Kl. 22. Nov.)

Burdach, die Disputationsszene in Goethes Faust. (GS. 29. Nov.)

Klassische Philologie.

Wenkebach, Dr. E., pseudogalenische Kommentare zu den Epidemien des Hippokrates. Vorgelegt von Diels. (GS. 1. Febr.; *Abh.*)

Diels, über die von Prokop beschriebene Kunstuhr von Gaza. (GS. 19. Juli; *Abh.*)

von Wilamowitz-Moellendorff, über hellenistische Epigrammatik. (Kl. 26. Juli.)

Norden, Germani. Ein grammatisch-ethnologisches Problem. (Kl. 8. Nov.; *SB.* 31. Jan. 1918.)

Norden, das Germanenepigramm des Krinagoras. (Kl. 8. Nov.; *SB.* 6. Dez.)

Schramm, Dr. E., Erläuterung der Geschützbeschreibung bei Vitruvius X 10—12. Vorgelegt von Diels. (GS. 13. Dez.; *SB.*)

Kunstwissenschaft.

Goldschmidt, über den Stil der angelsächsischen Malerei. (Kl. 7. Juni.)

Orientalische Philologie.

F. W. K. Müller, Uigurica III. Avadāna-Reste. (Kl. 18. Jan.; *Abh.*)

Lüders, eine arische Anschauung über den Vertragsbruch. (Kl. 22. Febr.; *SB.* 24. Mai.)

Lüders, nepalesische Sprachen. (GS. 1. März.)

Meissner, Prof. B., der Staatsvertrag Ramses' II. von Ägypten und Ḫattušils von Ḫatti in akkadischer Fassung. Vorgelegt von E. Meyer. (GS. 29. März; *SB.* 19. April.)

Erman, die römischen Obelisken des Domitian und des Antinous. (Kl. 12. April; *Abh.*)

Bang, Prof. W., vom Köktürkischen zum Osmanischen. Vorgelegt von F. W. K. Müller. (GS. 19. Juli; *Abh.*)

Amerikanistik.

Seler, die sogenannten Elefantenrüssel yukatekischer Bauten. (Kl. 8. Febr.; *Abh.*)

Bericht über den Erfolg der Preisausschreibungen für 1917 und neue Preisausschreibung.

(Leibniz-Sitzung vom 28. Juni 1917.)

Akademische Preisaufgabe aus dem Gebiete der Philosophie.

Die Akademie hat in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1914 folgende Preisaufgabe gestellt: »Der Anteil der Erfahrung an den menschlichen Sinneswahrnehmungen soll systematisch untersucht und dargestellt werden. Es kommt nicht darauf an, daß die Menge der in der physiologischen und psychologischen Literatur angehäuften Einzeltatsachen gesammelt, sondern darauf, daß die verschiedenen Formen der sinnlichen Erfahrung so scharf als möglich nach Art und Grenzen ihrer Wirksamkeit bestimmt und die gemeinsamen Faktoren und Gesetzlichkeiten in den verschiedenen Sinnesgebieten aufgezeigt werden. Genaue Nachprüfung der verwerteten Beobachtungen ist erforderlich, größere selbständige Experimentaluntersuchungen über entscheidende Punkte sind erwünscht.«

Bewerbungsschriften, die bis zum 31. Dezember 1916 erwartet wurden, sind nicht eingelaufen; die Akademie zieht die Aufgabe heute vorläufig zurück und behält sich vor, sie in der ersten Leibniz-Sitzung nach wiederhergestelltem Frieden von neuem auszuschreiben.

Preisausschreiben aus dem Cotheniusschen Legat.

Die Akademie hat in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1914 zum dritten Male folgende Preisaufgabe aus dem Cotheniusschen Legat ausgeschrieben:

»Der Entwickelungsgang einer oder einiger Ustilagineen soll möglichst lückenlos verfolgt und dargestellt werden, wobei besonders auf die Überwinterung der Sporen und Mycelien Rücksicht zu nehmen ist. Wenn irgend möglich, sind der Abhandlung Präparate, welche die Frage entscheiden, beizulegen.«

Bewerbungsschriften, welche bis zum 31. Dezember 1916 erwartet wurden, sind auch diesmal nicht eingelaufen; da aber die vor dem Kriege erschienene mykologische Literatur zeigt, daß von verschiedenen Seiten den in der Aufgabe gestellten Fragen nähergetreten worden ist, hat die Akademie beschlossen, die Aufgabe nochmals unverändert auszuschreiben.

Der ausgesetzte Preis beträgt zweitausend Mark.

Die Bewerbungsschriften können in deutscher, lateinischer, französischer, englischer oder italienischer Sprache abgefaßt sein. Schriften, die in störender Weise unleserlich geschrieben sind, können durch Beschluß der zuständigen Klasse von der Bewerbung ausgeschlossen werden.

Jede Bewerbungsschrift ist mit einem Spruchwort zu bezeichnen und dieses auf einem beizufügenden versiegelten, innerlich den Namen und die Adresse des Verfassers angebenden Zettel äußerlich zu wiederholen. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen. Zurückziehung einer eingelieferten Preisschrift ist nicht gestattet.

Die Bewerbungsschriften sind bis zum 31. Dezember 1920 im Bureau der Akademie, Berlin NW 7, Unter den Linden 38, einzuliefern. Die Verkündigung des Urteils erfolgt in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1921.

Sämtliche bei der Akademie zum Behuf der Preisbewerbung eingegangenen Arbeiten nebst den dazugehörigen Zetteln werden ein Jahr lang von dem Tage der Urteilsverkündigung ab von der Akademie für die Verfasser aufbewahrt. Nach Ablauf der bezeichneten Frist steht es der Akademie frei, die nicht abgeforderten Schriften und Zettel zu vernichten.

Verzeichnis der im Jahre 1917 erfolgten besonderen Geldbewilligungen aus akademischen Mitteln zur Ausführung wissenschaftlicher Unternehmungen.

Es wurden im Laufe des Jahres 1917 bewilligt:

2300	Mark	dem Mitglied der Akademie Hrn. Engler zur Fortführung des Werkes »Das Pflanzenreich«.
4000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. F. E. Schulze zur Fortführung des Unternehmens »Das Tierreich«.
3000	»	Demselben zur Fortführung der Arbeiten am Nomenclator animalium generum et subgenerum.
6000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Hintze zur Fortführung der Herausgabe der Politischen Korrespondenz Friedrichs des Großen.
4000	»	der Deutschen Kommission zur Fortführung ihrer Arbeiten.
20000	»	der Orientalischen Kommission zur Fortführung ihrer Arbeiten.

500 Mark für die von den kartellierten deutschen Akademien ausgesandte Expedition nach Teneriffa zum Zweck von lichtelektrischen Spektraluntersuchungen.

1000 » zur Förderung des Unternehmens des Thesaurus linguae Latinae über den etatsmäßigen Beitrag von 5000 Mark hinaus.

1500 » zur Bearbeitung der hieroglyphischen Inschriften der griechisch-römischen Epoche für das Wörterbuch der ägyptischen Sprache.

800 » zu der von den kartellierten deutschen Akademien unternommenen Herausgabe der mittelalterlichen Bibliothekskataloge.

1500 » dem Mitglied der Akademie Hrn. Sachau zur Erforschung der tatarischen Sprache.

1500 » dem Mitglied der Akademie Hrn. W. Schulze zu ostfinnischen Sprachstudien.

900 » und weiter 212 Mark 10 Pfennige dem Mitglied der Akademie Hrn. Stumpf zu phonographischen Aufnahmen griechischer Dialekte und Gesänge.

5000 » Hrn. Prof. Dr. Reinhard Dohrn, z. Zt. in Zürich, zur Herausgabe von Bd 35 der »Fauna und Flora des Golfes von Neapel«.

600 » Hrn. Dr. Th. Roemer in Bromberg als zweite Rate zu Vererbungsstudien an Pflanzen.

3500 » Hrn. Prof. Dr. Karl Ruge in Berlin zur Herausgabe eines Atlas zur Anatomie, pathologischen Anatomie und mikroskopischen Diagnostik der weiblichen Genitalorgane.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Paul Schiefferdecker in Bonn zur Fortsetzung seiner Untersuchungen über das Verhalten von Muskeln und Haut bei Menschen und Tieren.

1000 » Hrn. Prof. Dr. Otto Schmiedeknecht in Blankenburg in Thüringen zur Beendigung seines Werkes »Opuscula Ichneumonologica«.

1000 » Hrn. Prof. Dr. August Thienemann in Münster i. W. als zweite Rate zu Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen.

6000 » für photographische Aufnahmen aus den zur Zeit in Valenciennes aufbewahrten Handschriften der nordfranzösischen Bibliotheken.

400 Mark dem Verband deutscher Vereine für Volkskunde für die Sammlung der deutschen Soldatensprache.

200 » zur Herstellung eines altsiamesischen Index zu dem im Jahre 1916 mit 5000 Mark Druckzuschuß unterstützten Werk des Hrn. Dr. Karl Döhring in Berlin über Siamesische Tempelanlagen.

Verzeichnis der im Jahre 1917 erschienenen im Auftrage oder mit Unterstützung der Akademie bearbeiteten oder herausgegebenen Werke.

Unternehmungen der Akademie und ihrer Stiftungen.

Burdach, Konrad. Vom Mittelalter zur Reformation. Forschungen zur Geschichte der deutschen Bildung. Im Auftrage der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften hrsg. Bd 3, Tl 1. Berlin 1917.

Ibn Saad. Biographien Muhammeds, seiner Gefährten und der späteren Träger des Islams bis zum Jahre 230 der Flucht. Im Auftrage der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften hrsg. von Eduard Sachau. Bd 1, Th. 2. Leiden 1917.

Kants Gesammelte Schriften. Hrsg. von der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften. Bd 7 (Neudruck). Berlin 1917.

Humboldt-Stiftung.

Virchow, Hans. Über Fußskelette farbiger Rassen. Berlin 1917.

Savigny-Stiftung.

Vocabularium jurisprudentiae Romanae jussu Instituti Savigniani compositum. Tom. 5, Fasc. 2. Berolini 1917.

Hermann-und-Elise-geb.-Heckmann-Wentzel-Stiftung.

Die griechischen christlichen Schriftsteller der ersten drei Jahrhunderte. Hrsg. von der Kirchenväter-Commission der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften. Bd 27: Methodius. Leipzig 1917.

Voeltzkow, Alfred. Reise in Ostafrika in den Jahren 1903—1905. Wissenschaftliche Ergebnisse. Bd 3. Stuttgart 1908—17.

Von der Akademie unterstützte Werke.

Freiherr von Schrötter, Friedrich. Geschichte des neueren Münz- und Geldwesens im Kurfürstentum Trier 1550—1794. Berlin 1917.

Tobler, Adolf. Altfranzösisches Wörterbuch. Hrsg. von Erhard Lommatzsch. Lief. 3. Berlin 1917.

Veränderungen im Personalstande der Akademie im Laufe des Jahres 1917.

Es wurden gewählt:

zu korrespondierenden Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Hugo Hildebrand Hildebrandsson in Uppsala am 3. Mai 1917,
» Emanuel Kayser in Marburg
» August von Froriep in Tübingen } am 19. Juli 1917;

zu korrespondierenden Mitgliedern der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Karl von Müller in Tübingen am 1. Februar 1917,
» Axel Kock in Lund
» Karl von Kraus in München } am 19. Juli 1917.

Gestorben sind:

die ordentlichen Mitglieder der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Robert Helmert am 15. Juni 1917,
» Georg Frobenius am 3. August 1917,
» August Brauer am 10. September 1917;

das ordentliche Mitglied der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Gustav von Schmoller am 27. Juni 1917;

das auswärtige Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse.

Hr. Adolf von Baeyer in München am 20. August 1917;

das auswärtige Mitglied der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Pasquale Villari in Florenz Anfang Dezember 1917;

die korrespondierenden Mitglieder der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Gaston Darboux in Paris Ende Februar 1917,
» Ernst Wilhelm Benecke in Straßburg am 6. März 1917,
» August von Froriep in Tübingen am 11. Oktober 1917,
» Hermann von Vöchting in Tübingen am 24. November 1917,
» Karl Rabl in Leipzig am 24. Dezember 1917:

die korrespondierenden Mitglieder der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Richard Schroeder in Heidelberg am 3. Januar 1917,
» Axel Olrik in Kopenhagen am 17. Februar 1917,
» Eugen Bormann in Wien am 3. März 1917,
» Franz Brentano in Zürich am 17. März 1917.

Verzeichnis der Mitglieder der Akademie am Schlusse des Jahres 1917

nebst den Verzeichnissen der Inhaber der Helmholtz- und der Leibniz-Medaille und der Beamten der Akademie, sowie der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw.

1. Beständige Sekretare

	Gewählt von der	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Diels*	phil.-hist. Klasse	1895 Nov. 27
- *von Waldeyer-Hartz*	phys.-math. -	1896 Jan. 20
- *Roethe*	phil.-hist. -	1911 Aug. 29
- *Planck*	phys.-math. -	1912 Juni 19

2. Ordentliche Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Simon Schwendener*		1879 Juli 13
	Hr. *Hermann Diels*	1881 Aug. 15
- *Wilhelm von Waldeyer-Hartz*		1884 Febr. 18
- *Franz Eilhard Schulze*		1884 Juni 21
	- *Otto Hirschfeld*	1885 März 9
	- *Eduard Sachau*	1887 Jan. 24
Adolf Engler		1890 Jan. 29
	- *Adolf von Harnack*	1890 Febr. 10
- *Hermann Amandus Schwarz*		1892 Dez. 19
- *Emil Fischer*		1893 Febr. 6
- *Oskar Hertwig*		1893 April 17
- *Max Planck*		1894 Juni 11
	- *Carl Stumpf*	1895 Febr. 18
	- *Adolf Erman*	1895 Febr. 18
- *Emil Warburg*		1895 Aug. 13
	- *Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff*	1899 Aug. 2
- *Wilhelm Branca*		1899 Dez. 18
- *Heinrich Müller-Breslau*		1901 Jan. 14
	- *Heinrich Dressel*	1902 Mai 9
	- *Konrad Burdach*	1902 Mai 9
- *Friedrich Schottky*		1903 Jan. 5
	- *Gustav Roethe*	1903 Jan. 5
	- *Dietrich Schäfer*	1903 Aug. 4

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Königlichen Bestätigung
	Hr. *Eduard Meyer*	1903 Aug. 4
	- *Wilhelm Schulze*	1903 Nov. 16
	- *Alois Brandl*	1904 April 3
Hr. *Hermann Struve*		1904 Aug. 29
- *Hermann Zimmermann*		1904 Aug. 29
- *Walter Nernst*		1905 Nov. 24
- *Max Rubner*		1906 Dez. 2
- *Johannes Orth*		1906 Dez. 2
- *Albrecht Penck*		1906 Dez. 2
	- *Friedrich Müller*	1906 Dez. 24
	- *Andreas Heusler*	1907 Aug. 8
- *Heinrich Rubens*		1907 Aug. 8
- *Theodor Liebisch*		1908 Aug. 3
	- *Eduard Seler*	1908 Aug. 24
	- *Heinrich Lüders*	1909 Aug. 5
	- *Heinrich Morf*	1910 Dez. 14
- *Gottlieb Haberlandt*		1911 Juli 3
	- *Kuno Meyer*	1911 Juli 3
	- *Benno Erdmann*	1911 Juli 25
- *Gustav Hellmann*		1911 Dez. 2
	- *Emil Seckel*	1912 Jan. 4
	- *Johann Jakob Maria de Groot*	1912 Jan. 4
	- *Eduard Norden*	1912 Juni 14
	- *Karl Schuchhardt*	1912 Juli 9
- *Ernst Beckmann*		1912 Dez. 11
- *Albert Einstein*		1913 Nov. 12
	- *Otto Hintze*	1914 Febr. 16
	- *Max Sering*	1914 März 2
	- *Adolf Goldschmidt*	1914 März 2
- *Fritz Haber*		1914 Dez. 16
	- *Karl Holl*	1915 Jan. 12
	- *Friedrich Meinecke*	1915 Febr. 15
- *Karl Correns*		1915 März 22
	- *Hans Dragendorff*	1916 April 3

3. Auswärtige Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Königlichen Bestätigung
	Hr. *Theodor Nöldeke* in Straßburg	1900 März 5
	- *Friedrich Imhoof-Blumer* in Winterthur	1900 März 5
	- *Vatroslav von Jagić* in Wien	1908 Sept. 25
	- *Panagiotis Kabbadias* in Athen	1908 Sept. 25
Lord *Rayleigh* in Witham, Essex		1910 April 6
	- *Hugo Schuchardt* in Graz	1912 Sept. 15

4. Ehrenmitglieder

	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Max Lehmann* in Göttingen	1887 Jan. 24
- *Max Lenz* in Hamburg	1896 Dez. 14
Hugo Graf *von und zu Lerchenfeld* in Berlin	1900 März 5
Hr. *Richard Schöne* in Berlin	1900 März 5
- *Konrad von Studt* in Berlin	1900 März 17
- *Andrew Dickson White* in Ithaca, N. Y.	1900 Dez. 12
Bernhard Fürst *von Bülow* in Klein-Flottbek bei Hamburg	1910 Jan. 31
Hr. *Heinrich Wölfflin* in München	1910 Dez. 14
- *August von Trott zu Solz* in Kassel	1914 März 2
- *Rudolf von Valentini* in Berlin	1914 März 2
- *Friedrich Schmidt* in Berlin	1914 März 2
- *Richard Willstätter* in München	1914 Dez. 16

5. Korrespondierende Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse	Datum der Wahl
Karl Frhr. Auer von Welsbach auf Schloß Welsbach (Kärnten)	1913 Mai 22
Hr. *Ferdinand Braun* in Straßburg	1914 Nov. 19
- *Oskar Brefeld* in Berlin	1899 Jan. 19
- *Heinrich Bruns* in Leipzig	1906 Jan. 11
- *Otto Bütschli* in Heidelberg	1897 März 11
- *Giacomo Ciamician* in Bologna	1909 Okt. 28
- *William Morris Davis* in Cambridge, Mass.	1910 Juli 28
- *Ernst Ehlers* in Göttingen	1897 Jan. 21
Roland Baron *Eötvös* in Budapest	1910 Jan. 6
Hr. *Max Fürbringer* in Heidelberg	1900 Febr. 22
Sir *Archibald Geikie* in Haslemere, Surrey	1889 Febr. 21
Hr. *Karl von Goebel* in München	1913 Jan. 16
- *Camillo Golgi* in Pavia	1911 Dez. 21
- *Karl Graebe* in Frankfurt a. M.	1907 Juni 13
- *Ludwig von Graff* in Graz	1900 Febr. 8
Julius Edler von Hann in Wien	1889 Febr. 21
Hr. *Viktor Hensen* in Kiel	1898 Febr. 24
- *Richard von Hertwig* in München	1898 April 28
- *David Hilbert* in Göttingen	1913 Juli 10
- *Hugo Hildebrand Hildebrandsson* in Uppsala	1917 Mai 3
- *Emanuel Kayser* in München	1917 Juli 19
Felix Klein in Göttingen	1913 Juli 10
Leo Koenigsberger in Heidelberg	1893 Mai 4
Wilhelm Körner in Mailand	1909 Jan. 7
- *Friedrich Küstner* in Bonn	1910 Okt. 27
- *Philipp Lenard* in Heidelberg	1909 Jan. 21
- *Karl von Linde* in München	1916 Juli 6
- *Gabriel Lippmann* in Paris	1900 Febr. 22
- *Hendrik Antoon Lorentz* in Haarlem	1905 Mai 4
- *Felix Marchand* in Leipzig	1910 Juli 28
- *Friedrich Merkel* in Göttingen	1910 Juli 28
- *Franz Mertens* in Wien	1900 Febr. 22
- *Alfred Gabriel Nathorst* in Stockholm	1900 Febr. 8
- *Karl Neumann* in Leipzig	1893 Mai 4
- *Max Noether* in Erlangen	1896 Jan. 30
- *Wilhelm Ostwald* in Groß-Bothen, Kgr. Sachsen	1905 Jan. 12
- *Wilhelm Pfeffer* in Leipzig	1889 Dez. 19
- *Edward Charles Pickering* in Cambridge, Mass.	1906 Jan. 11
- *Georg Quincke* in Heidelberg	1879 März 13

		Datum der Wahl		
Hr.	*Ludwig Radlkofer* in München	1900	Febr.	8
-	*Gustaf Retzius* in Stockholm	1893	Juni	1
-	*Theodore William Richards* in Cambridge, Mass.	1909	Okt.	28
-	*Wilhelm Konrad Röntgen* in München	1896	März	12
	Wilhelm Roux in Halle a. S.	1916	Dez.	14
-	*Georg Ossian Sars* in Christiania	1898	Febr.	24
-	*Oswald Schmiedeberg* in Straßburg	1910	Juli	28
-	*Otto Schott* in Jena	1916	Juli	6
-	*Hugo von Seeliger* in München	1906	Jan.	11
-	*Ernest Solvay* in Brüssel	1913	Mai	22
-	*Johann Wilhelm Spengel* in Gießen	1900	Jan.	18
Sir	*Joseph John Thomson* in Cambridge	1910	Juli	28
Hr.	*Gustav von Tschermak* in Wien	1881	März	3
-	*Woldemar Voigt* in Göttingen	1900	März	8
-	*Hugo de Vries* in Lunteren	1913	Jan.	16
-	*Johannes Diderik van der Waals* in Amsterdam	1900	Febr.	22
-	*Otto Wallach* in Göttingen	1907	Juni	13
-	*Eugenius Warming* in Kopenhagen	1899	Jan.	19
-	*Emil Wiechert* in Göttingen	1912	Febr.	8
-	*Wilhelm Wien* in Würzburg	1910	Juli	14
-	*Edmund B. Wilson* in New York	1913	Febr.	20

Philosophisch-historische Klasse

		Datum der Wahl		
Hr.	*Karl von Amira* in München	1900	Jan.	18
-	*Klemens Baeumker* in München	1915	Juli	8
-	*Friedrich von Bezold* in Bonn	1907	Febr.	14
-	*Joseph Bidez* in Gent	1914	Juli	9
-	*James Henry Breasted* in Chicago	1907	Juni	13
-	*Harry Breßlau* in Straßburg	1912	Mai	9
-	*René Cagnat* in Paris	1904	Nov.	3
-	*Arthur Chuquet* in Villemomble (Seine)	1907	Febr.	14
-	*Franz Cumont* in Rom	1911	April	27
-	*Louis Duchesne* in Rom	1893	Juli	20
-	*Franz Ehrle* in Rom	1913	Juli	24
-	*Paul Foucart* in Paris	1884	Juli	17
Sir	*James George Frazer* in Cambridge	1911	April	27
Hr.	*Wilhelm Fröhner* in Paris	1910	Juni	23
-	*Percy Gardner* in Oxford	1908	Okt.	29
-	*Ignaz Goldziher* in Budapest	1910	Dez.	8

		Datum der Wahl
Hr.	*Francis Llewellyn Griffith* in Oxford	1900 Jan. 18
-	*Ignazio Guidi* in Rom	1904 Dez. 15
-	*Georgios N. Hatzidakis* in Athen	1900 Jan. 18
-	*Albert Hauck* in Leipzig	1900 Jan. 18
-	*Bernard Haussoullier* in Paris	1907 Mai 2
-	*Johan Ludvig Heiberg* in Kopenhagen	1896 März 12
-	*Antoine Héron de Villefosse* in Paris	1893 Febr. 2
-	*Harald Hjärne* in Uppsala	1909 Febr. 25
-	*Maurice Holleaux* in Versailles	1909 Febr. 25
-	*Christian Hülsen* in Hoheneck bei Ludwigsburg	1907 Mai 2
-	*Hermann Jacobi* in Bonn	1911 Febr. 9
-	*Adolf Jülicher* in Marburg	1906 Nov. 1
Sir	*Frederic George Kenyon* in London	1900 Jan. 18
Hr.	*Georg Friedrich Knapp* in Straßburg	1893 Dez. 14
-	*Axel Kock* in Lund	1917 Juli 19
-	*Karl von Kraus* in München	1917 Juli 19
-	*Basil Latyschew* in St. Petersburg	1891 Juni 4
-	*Friedrich Loofs* in Halle a. S.	1904 Nov. 3
-	*Giacomo Lumbroso* in Rom	1874 Nov. 12
-	*Arnold Luschin von Ebengreuth* in Graz	1904 Juli 21
-	*John Pentland Mahaffy* in Dublin	1900 Jan. 18
-	*Wilhelm Meyer-Lübke* in Bonn	1905 Juli 6
-	*Ludwig Mitteis* in Leipzig	1905 Febr. 16
-	*Georg Elias Müller* in Göttingen	1914 Febr. 19
-	*Karl von Müller* in Tübingen	1917 Febr. 1
-	*Samuel Muller Frederikzoon* in Utrecht	1914 Juli 23
-	*Franz Praetorius* in Breslau	1910 Dez. 8
-	*Wilhelm Radloff* in St. Petersburg	1895 Jan. 10
-	*Pio Rajna* in Florenz	1909 März 11
-	*Moriz Ritter* in Bonn	1907 Febr. 14
-	*Karl Robert* in Halle a. S.	1907 Mai 2
-	*Michael Rostowzew* in St. Petersburg	1914 Juni 18
-	*Edward Schröder* in Göttingen	1912 Juli 11
-	*Eduard Schwartz* in Straßburg	1907 Mai 2
-	*Bernhard Seuffert* in Graz	1914 Juni 18
-	*Eduard Sievers* in Leipzig	1900 Jan. 18
Sir	*Edward Maunde Thompson* in London	1895 Mai 2
Hr.	*Vilhelm Thomsen* in Kopenhagen	1900 Jan. 18
-	*Ernst Troeltsch* in Berlin	1912 Nov. 21
-	*Paul Vinogradoff* in Oxford	1911 Juni 22
-	*Girolamo Vitelli* in Florenz	1897 Juli 15

	Datum der Wahl
Hr. *Jakob Wackernagel* in Basel	1911 Jan. 19
- *Julius Wellhausen* in Göttingen	1900 Jan. 18
- *Adolf Wilhelm* in Wien	1911 April 27
- *Ludvig Wimmer* in Kopenhagen	1891 Juni 4
- *Wilhelm Wundt* in Leipzig	1900 Jan. 18

Inhaber der Helmholtz-Medaille

Hr. *Santiago Ramón Cajal* in Madrid (1905)
- *Emil Fischer* in Berlin (1909)
- *Simon Schwendener* in Berlin (1913)
- *Max Planck* in Berlin (1915)
- *Richard von Hertwig* in München (1917)

Verstorbene Inhaber:

Emil du Bois-Reymond (Berlin, 1892, † 1896)
Karl Weierstraß (Berlin, 1892, † 1897)
Robert Bunsen (Heidelberg, 1892, † 1899)
Lord *Kelvin* (Netherhall, Largs, 1892, † 1907)
Rudolf Virchow (Berlin, 1899, † 1902)
Sir *George Gabriel Stokes* (Cambridge, 1901, † 1903)
Henri Becquerel (Paris, 1907, † 1908)
Jakob Heinrich van't Hoff (Berlin, 1911, † 1911)

Inhaber der Leibniz-Medaille

a. Der Medaille in Gold

Hr. *James Simon* in Berlin (1907)
- *Ernest Solvay* in Brüssel (1909)
- *Henry T. von Böttinger* in Elberfeld (1909)

Joseph Florimond Duc *de Loubat* in Paris (1910)
Hr. *Hans Meyer* in Leipzig (1911)
Frl. *Elise Koenigs* in Berlin (1912)
Hr. *Georg Schweinfurth* in Berlin (1913)
- *Otto von Schjerning* in Berlin (1916)
- *Leopold Koppel* in Berlin (1917)

b. Der Medaille in Silber

Hr. *Karl Alexander von Martius* in Berlin (1907)
- *Adolf Friedrich Lindemann* in Sidmouth, England (1907)
- *Johannes Bolte* in Berlin (1910)

Hr. *Albert von Le Coq* in Berlin (1910)
- *Johannes Ilberg* in Leipzig (1910)
- *Max Wellmann* in Potsdam (1910)
- *Robert Koldewey* in Babylon (1910)
- *Gerhard Hessenberg* in Breslau (1910)
- *Werner Janensch* in Berlin (1911)
- *Hans Osten* in Leipzig (1911)
- *Robert Davidsohn* in München (1912)
- *N. de Garis Davies* in Kairo (1912)
- *Edwin Hennig* in Tübingen (1912)
- *Hugo Rabe* in Hannover (1912)
- *Josef Emanuel Hibsch* in Tetschen (1913)
- *Karl Richter* in Berlin (1913)
- *Hans Witte* in Neustrelitz (1913)
- *Georg Wolff* in Frankfurt a. M. (1913)
- *Walter Andrae* in Assur (1914)
- *Erwin Schramm* in Dresden (1914)

Richard Irvine Best in Dublin (1914)
Otto Baschin in Berlin (1915)
Albert Fleck in Berlin (1915)
- *Julius Hirschberg* in Berlin (1915)

Hugo Magnus in Berlin (1915)

Verstorbene Inhaber der Medaille in Silber:

Karl Zeumer (Berlin, 1910, † 1914)
Georg Wenker (Marburg, 1911, † 1911)

Beamte der Akademie

Bibliothekar und Archivar der Akademie: Dr. *Köhnke*, Prof.
Archivar und Bibliothekar der Deutschen Kommission: Dr. *Behrend*.
Wissenschaftliche Beamte: Dr. *Dessau*, Prof. — Dr. *Harms*, Prof. — Dr. *von Fritze*, Prof. — Dr. *Karl Schmidt*, Prof. — Dr. Frhr. *Hiller von Gaertringen*, Prof. — Dr. *Ritter*, Prof. — Dr. *Apstein*, Prof. — Dr. *Paetsch*. — Dr. *Kuhlgatz*.

Registrator und Kalkulator: *Grünheid*.
Hausinspektor und Kanzlist: *Friedrich*.
Akademiediener: *Hennig*. — *Janisch*. — *Siedmann*.
Hilfsdiener: *Glaeser*.

Verzeichnis der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw.

Kommissionen für wissenschaftliche Unternehmungen der Akademie.

Acta Borussica.

Hintze (geschäftsführendes Mitglied). Meinecke.

Ägyptologische Kommission.

Erman. E. Meyer. W. Schulze.

Corpus inscriptionum Etruscarum.

Diels. Hirschfeld. W. Schulze.

Corpus inscriptionum Latinarum und Griechische Münzwerke.

Hirschfeld (Vorsitzender, leitet die epigraphischen Arbeiten). Dragendorff (leitet die numismatischen Arbeiten). Diels. von Wilamowitz-Moellendorff. Imhoof-Blumer (Winterthur). Schöne (Berlin).

Corpus medicorum Graecorum.

Diels. Sachau. von Wilamowitz-Moellendorff.

Deutsche Geschichtsquellen des 19. Jahrhunderts.

Roethe. Schäfer. Hintze. Sering. Holl. Meinecke.

Deutsche Kommission.

Roethe (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Burdach. W. Schulze. Heusler. Morf. Hintze. Schröder (Göttingen). Seuffert (Graz).

Dilthey-Kommission.

Erdmann (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Stumpf. Burdach. Roethe. Seckel.

Geschichte des Fixsternhimmels.

Struve (geschäftsführendes Mitglied).
Außerakad. Mitglied: Cohn (Berlin).

Politische Korrespondenz Friedrichs des Großen.

Hintze (geschäftsführendes Mitglied). Meinecke.

Fronto-Ausgabe.

Diels. Hirschfeld. Norden.

Herausgabe der Werke Wilhelm von Humboldts.

Burdach (geschäftsführendes Mitglied). von Wilamowitz-Moellendorff. Meinecke.

Herausgabe des Ibn Saad.

Sachau (geschäftsführendes Mitglied). Erman. W. Schulze.

Inscriptiones Graecae.

von Wilamowitz-Moellendorff (Vorsitzender). Diels. Hirschfeld. W. Schulze.

Kant-Ausgabe.

Erdmann (Vorsitzender). Diels. Stumpf. Roethe. Meinecke.
Außerakad. Mitglied: Menzer (Halle).

Ausgabe der griechischen Kirchenväter.

von Harnack (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. Holl. Loofs (Halle). Jülicher (Marburg).
Außerakad. Mitglied: Seeck (Münster), für die Prosopographia imperii Romani saec. IV—VI.

Leibniz-Ausgabe.

Erdmann (geschäftsführendes Mitglied). Schwarz. Planck. von Harnack. Stumpf. Roethe. Morf.

Nomenclator animalium generum et subgenerum.

..... (geschäftsführendes Mitglied). von Waldeyer-Hartz.

Orientalische Kommission.

E. Meyer (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Sachau. Erman. W. Schulze. Müller. Lüders.
Außerakad. Mitglied: Delitzsch (Berlin).

„Pflanzenreich".

Engler (geschäftsführendes Mitglied). Schwendener. von Waldeyer-Hartz.

Prosopographia imperii Romani saec. I—III.

Hirschfeld. Dressel.

Strabo-Ausgabe.

Diels. von Wilamowitz-Moellendorff. E. Meyer.

„Tierreich".

..... (geschäftsführendes Mitglied). von Waldeyer-Hartz.

Herausgabe der Werke von Weierstraß.

Planck (geschäftsführendes Mitglied). Schwarz.

Wörterbuch der deutschen Rechtssprache.

Roethe (geschäftsführendes Mitglied).

Außerakad. Mitglieder: Frensdorff (Göttingen). von Gierke (Berlin). Huber (Bern). Frhr. von Künßberg (Heidelberg). Frhr. von Schwerin (Straßburg). Frhr. von Schwind (Wien).

Wissenschaftliche Unternehmungen, die mit der Akademie in Verbindung stehen.

Corpus scriptorum de musica.

Vertreter in der General-Kommission: Stumpf.

Luther-Ausgabe.

Vertreter in der Kommission: von Harnack. Burdach.

Monumenta Germaniae historica.

Von der Akademie gewählte Mitglieder der Zentral-Direktion: Schäfer. Hintze.

Thesaurus der japanischen Sprache.

Sachau. W. Schulze. Müller.

Sammlung deutscher Volkslieder.

Vertreter in der Kommission: Roethe.

Wörterbuch der ägyptischen Sprache.

Vertreter in der Kommission: Erman.

Bei der Akademie errichtete Stiftungen.

Bopp-Stiftung.

Vorberatende Kommission (1914 Okt.—1918 Okt.).

W. Schulze (Vorsitzender). Lüders (Stellvertreter des Vorsitzenden). Morf (Schriftführer). Roethe.

Außerakad. Mitglied: Brückner (Berlin).

Charlotten-Stiftung für Philologie.

Kommission.

Diels. Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. W. Schulze. Norden.

Eduard-Gerhard-Stiftung.

Kommission.

Dragendorff (Vorsitzender). Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. Dressel. E. Meyer. Schuchhardt.

Humboldt-Stiftung.

Kuratorium (1917 Jan. 1—1920 Dez. 31).

von Waldeyer-Hartz (Vorsitzender). Hellmann.

Außerakad. Mitglieder: Der vorgeordnete Minister. Der Oberbürgermeister von Berlin. P. von Mendelssohn-Bartholdy.

Akademische Jubiläumsstiftung der Stadt Berlin.

Kuratorium (1917 Jan. 1—1920 Dez. 31).

Planck (Vorsitzender). von Waldeyer-Hartz (Stellvertreter des Vorsitzenden). Diels. Hintze.

Außerakad. Mitglied: Der Oberbürgermeister von Berlin.

Stiftung zur Förderung der kirchen- und religionsgeschichtlichen Studien im Rahmen der römischen Kaiserzeit (saec. I—VI).

Kuratorium (1913 Nov.—1923 Nov.).

Diels (Vorsitzender). von Harnack.

Außerdem als Vertreter der theologischen Fakultäten der Universitäten Berlin: Holl, Gießen: Krüger, Marburg: Jülicher.

Graf-Loubat-Stiftung.

Kommission (1913 Febr.—1918 Febr.).

Sachau. Seler.

Albert-Samson-Stiftung.

Kuratorium (1917 April 1—1922 März 31).

von Waldeyer-Hartz (Vorsitzender). Planck (Stellvertreter des Vorsitzenden). Rubner. Orth. Penck. Correns. Stumpf.

Stiftung zur Förderung der Sinologie.

Kuratorium (1917 Febr.—1927 Febr.).

de Groot (Vorsitzender). Müller. Lüders.

Hermann-und-Elise-geb.-Heckmann-Wentzel-Stiftung.

Kuratorium (1915 April 1—1920 März 31).

Roethe (Vorsitzender). Planck (Stellvertreter des Vorsitzenden). Erman (Schriftführer). Nernst. Haberlandt. von Harnack.

Außerakad. Mitglied: Der vorgeordnete Minister.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1917

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

NR. 1

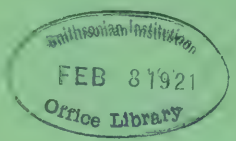
INTELLIGENZPRÜFUNGEN AN ANTHROPOIDEN. I

VON

DR. W. KÖHLER,

PRIVATDOZENTEN IN FRANKFURT A. M., ZUR ZEIT LEITER DER ANTHROPOIDENSTATION AUF TENERIFFA

MIT 3 TAFELN



BERLIN 1917

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1917

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

NR. 1

INTELLIGENZPRÜFUNGEN AN ANTHROPOIDEN. I

VON

DR. W. KÖHLER,

PRIVATDOZENTEN IN FRANKFURT A. M., ZUR ZEIT LEITER DER ANTHROPOIDENSTATION AUF TENERIFFA

MIT 3 TAFELN

BERLIN 1917

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Vorgelegt von Hrn. Stumpf in der Gesamtsitzung am 30. November 1916.
Zum Druck eingereicht am 1. Februar, ausgegeben am 19. Mai 1917.

Einleitung.

1. Zweierlei Interessen führen zu Intelligenzprüfungen an Anthropoiden. Wir wissen, daß es sich um Wesen handelt, welche dem Menschen in mancher Hinsicht näher stehen als ihren Systemnachbarn auf der anderen Seite; insbesondere hat sich gezeigt, daß die Chemie ihres Körpers — soweit sie sich in den Eigenschaften des Blutes dokumentiert — und der Aufbau ihres höchsten Organs, des Großhirns, der Chemie des Menschenkörpers und dem menschlichen Gehirnaufbau verwandter sind als der chemischen Natur niederer Affen und deren Gehirnentwicklung. Dieselben Wesen zeigen der Beobachtung eine solche Fülle menschlicher Züge im sozusagen alltäglichen Verhalten, daß die Frage sich von selbst ergibt, ob diese Tiere auch in irgendeinem Grade verständig und einsichtig zu handeln vermögen, wenn die Umstände intelligentes Verhalten erfordern. Diese Frage drückt das erste, man kann sagen, naive Interesse an etwaigen Intelligenzleistungen der Tiere aus; der Verwandtschaftsgrad von Anthropoide und Mensch soll auf einem Gebiete festgestellt werden, das uns besonders wichtig erscheint, auf dem wir aber den Anthropoiden noch wenig kennen.

Das zweite Ziel ist theoretischer Art. Angenommen, der Anthropoide zeige unter Umständen intelligentes Verhalten von der Art des am Menschen bekannten, so ist doch von vornherein kein Zweifel, daß er in dieser Hinsicht weit hinter dem Menschen zurückbleibt, in relativ einfachen Lagen also Schwierigkeiten findet und Fehler begeht; gerade dadurch aber kann er unter einfachsten Verhältnissen die Natur von Intelligenzleistungen deutlich hervortreten lassen, während wenigstens der erwachsene Mensch, als Objekt der Selbstbeobachtung, einfache und deshalb an sich zur Untersuchung geeignete Leistungen kaum je neu vollzieht, und als Subjekt komplizierter nur schwer hinreichend zu beobachten vermag. So kann man hoffen,

in den etwaigen Intelligenzleistungen von Anthropoiden Vorgänge wieder plastisch zu sehen, die für uns zu geläufig geworden sind, als daß wir noch unmittelbar ihre ursprüngliche Form erkennen könnten, die aber wegen ihrer Einfachheit als der natürliche Ausgangspunkt theoretischen Verstehens erscheinen.

Da in den folgenden Untersuchungen zunächst aller Nachdruck auf der ersten Frage liegt, so kann das Bedenken geäußert werden, die erste Frage setze im Grunde eine bestimmte Lösung der Aufgaben voraus, von denen die zweite handelt: Ob einsichtiges Verhalten unter Anthropoiden vorkomme, könne nur gefragt werden, nachdem sich theoretisch die Notwendigkeit herausgestellt habe, zu unterscheiden zwischen Intelligenzleistungen und Leistungen anderer Art; da insbesondere die Assoziationspsychologie den Anspruch erhebe, alle hier in Betracht kommenden Leistungen, bis zu den höchsten und selbst beim Menschen, in der Hauptsache aus einem einzigen Prinzip ableiten zu können, so sei durch die Fragestellung 1 schon eine theoretische Stellung eingenommen, und zwar gegen die Assoziationspsychologie.

Das ist ein Mißverständnis. Es gibt wohl keinen Assoziationspsychologen, der nicht selbst der unbefangenen Beobachtung nach zwischen noch uneinsichtigem Verhalten auf der einen, intelligentem auf der anderen Seite als einem gewissen Gegensatz unterschiede. Was ist denn Assoziationspsychologie anders als die Theorie, daß auf die Erscheinungen vom allgemein bekannten, einfachen Assoziationscharakter auch Vorgänge zurückzuführen sind, welche bei naiver Beobachtung zunächst nicht den Eindruck machen, als seien sie mit jenen Erscheinungen gleichartig, vor allem die sogenannten Intelligenzleistungen? Kurz, solche Unterschiede sind gerade der Ausgangspunkt einer strengen Assoziationspsychologie, eben sie sollen ja theoretisch ausgeglichen werden, sind also dem Assoziationspsychologen sehr wohl bekannt, und so finden wir z. B. bei einem radikalen Vertreter der Richtung (Thorndike) als Resultat von Versuchen an Hunden und Katzen den Satz: Nichts an ihrem Verhalten erschien jemals einsichtig. Wer seine Ergebnisse so formuliert, dem muß anderes Verhalten schon als einsichtig erschienen sein, der kennt jenen Gegensatz in der Beobachtung, etwa vom Menschen her, wennschon er ihn in der Theorie nachher zurücktreten läßt.

Soll demnach untersucht werden, ob die Anthropoiden intelligentes Verhalten zeigen, so kann diese Fragestellung von theoretischen Annahmen, zumal solchen für oder gegen die Assoziationstheorie, zunächst ganz unabhängig

gehalten werden. Richtig ist, daß damit die Frage in einer gewissen Unschärfe gestellt wird: Nicht, ob die Anthropoiden bestimmt Definiertes aufweisen, soll untersucht werden, sondern ob ihr Verhalten bis zu einem recht ungefähr aus der Erfahrung bekannten Typus aufsteigt, der uns als »einsichtig« im Gegensatz zu sonstigem Verhalten, besonders von Tieren, vorschwebt. Wir verfahren aber hiermit nur der Natur der Sache gemäß, denn klare Definitionen gehören nicht an den Beginn von Erfahrungswissenschaften; erst in deren Fortschreiten kann der Erfolg durch Aufstellung von Definitionen gekennzeichnet werden.

Im übrigen ist der Typus menschlichen und (vielleicht) tierischen Verhaltens, auf den sich die erste Frage richtet, auch ohne Theorie nicht so ganz unbestimmt. Die Erfahrung zeigt, daß wir von einsichtigem Verhalten dann noch nicht zu sprechen geneigt sind, wenn Mensch oder Tier ein Ziel auf direktem, ihrer Organisation nach gar nicht fraglichen Wege erreichen; wohl aber pflegt der Eindruck von Einsicht zu entstehen, wenn die Umstände einen solchen, uns selbstverständlich erscheinenden Weg versperren, dagegen indirekte Verfahren möglich lassen, und nun Mensch oder Tier diesen der Situation entsprechenden »Umweg« einschlagen. In stillschweigender Übereinstimmung hiermit haben deshalb fast alle diejenigen, welche bisher die Frage nach intelligentem Verhalten bei Tieren zu beantworten suchten, diese in ebensolchen Situationen zum Gegenstand ihrer Beobachtungen gemacht. Da unterhalb der Entwicklungsstufe der Anthropoiden das Ergebnis im allgemeinen negativ war, so ist gerade aus solchen Versuchen die gegenwärtig sehr verbreitete Anschauung erwachsen, daß einsichtiges Verhalten bei Tieren kaum vorkomme; entsprechende Versuche an Anthropoiden selbst sind nur in geringer Zahl gemacht worden und haben eine rechte Entscheidung noch nicht gebracht. — Alle im folgenden zunächst mitgeteilten Versuche sind von der gleichen Art: Der Versuchsleiter stellt eine Situation her, in welcher der direkte Weg zum Ziel nicht gangbar ist, die aber einen indirekten Weg offenläßt. Das Tier kommt in diese Situation, die (der Möglichkeit nach) völlig überschaubar ist, und kann nun zeigen, bis zu welchem Verhaltenstypus seine Anlagen reichen, insbesondere ob es die Aufgabe auf dem möglichen Umwege löst.

2. Die Versuche sind bis auf wenige Vergleichsfälle, in denen Menschen, ein Hund und Hühner beobachtet wurden, vorerst nur an Schimpansen angestellt. Sieben der Tiere, der alte Stamm der Station, dürften ihren Per-

sonalien nach aus der ersten Stationsschrift[1] hinreichend bekannt sein; dort wird sich auch die Begründung dafür finden, weshalb das erwachsene Weibchen als ein Exemplar der Tschego-Abart angesehen wird und wodurch das älteste der kleineren Tiere, Grande, den Eindruck erweckt, der gleichen Abart anzugehören. Je länger die Tiere beobachtet wurden, desto mehr zeigte sich, daß Grande kein reiner Schimpanse ist. Da die Abweichung den allgemeinen Charakter mehr als das hier geprüfte Verhalten in Intelligenzversuchen betrifft, so ist eine nähere Kennzeichnung des Unterschiedes an dieser Stelle nicht erforderlich.

Zu den erwähnten sieben Tieren kamen etwas später noch zwei andere, die beide zu wertvollen Beobachtungen Anlaß gaben, aber leider beide bald eingingen.

Nueva, eine Äffin, ungefähr in derselben Altersstufe wie die andern kleinen Tiere (4 bis 7 Jahre zur Zeit der meisten Versuche), unterschied sich körperlich von diesen durch ihr merkwürdig breites, unschönes Gesicht und eine (offenbar pathologische) Dürftigkeit der Körperbehaarung über schlechter Haut. Ihre Häßlichkeit wurde jedoch reichlich ausgeglichen durch ein Wesen so freundlicher Milde, naiven Zutrauens und stiller Klarheit, wie wir es sonst an Schimpansen nicht gesehen haben. Wenigstens die ganz kindliche Anhänglichkeit fanden wir einigermaßen ähnlich bei anderen Tieren, wenn sie krank waren, und vielleicht geht manches von den Vorzügen Nuevas überhaupt darauf zurück, daß sie von vornherein unter dem Einfluß einer langsam verlaufenden Erkrankung stand; der Schimpanse kann im allgemeinen eine kleine Dämpfung vertragen. Besonders wohltätig wirkte die feine Art des Tieres, mit den einfachsten Mitteln stundenlang zufrieden zu spielen; denn leider neigen die andern mit der Zeit ein wenig zur Faulheit, wenn ihnen kein besonderer Anlaß zur Tätigkeit geboten wird und sie nicht gerade einander prügeln oder gegenseitige Körperpflege treiben. Die Wirkung fortwährenden Beisammenseins vieler kräftiger Kinder liegt auch hier nicht in der Richtung einer besonnenen, wenn auch spielenden Beschäftigungsweise; Nueva war seit vielen Monaten allein gehalten worden. — Übrigens darf man nicht etwa vermuten, die erfreulichen Eigenschaften dieses Tieres seien wohl auf frühere erzieherische Einwirkung zurückzuführen. Leider scheint es nicht möglich, aus einem

[1] Diese ist mir leider nicht zugegangen. Sie erschien im Juni 1915 und ist verfaßt von den HH. Rothmann und Teuber.

von Natur fahrigen und wüsten Schimpansen durch Erziehung ein liebenswürdiges Wesen zu machen; vor allem aber war Nueva durchaus nicht erzogen im Sinn der Kinderstube; sie zeigte im Gegenteil, daß sie gar nicht gewohnt war, korrigiert zu werden. Regelmäßig fraß sie ihren Kot und war erst erstaunt, dann aufs höchste empört, als wir gegen diese Gewohnheit vorgingen. Am zweiten Tage ihres Stationsaufenthaltes bedrohte sie der Wärter bei gleichem Anlaß mit einem Stöckchen, aber sie verstand gar nicht, sondern wollte mit dem Stock spielen. Nahm man ihr Futter fort, das sie mit der größten Unbefangenheit irgendwo ergriffen hatte und das ihr nicht zukam, so biß sie in ihrem Zorn momentan und noch ohne jede Hemmung gegenüber dem Menschen — kurz, das Tier zeigte sich vollkommen naiv und war unzweifelhaft weniger »erzogen« als die Tiere der Station.

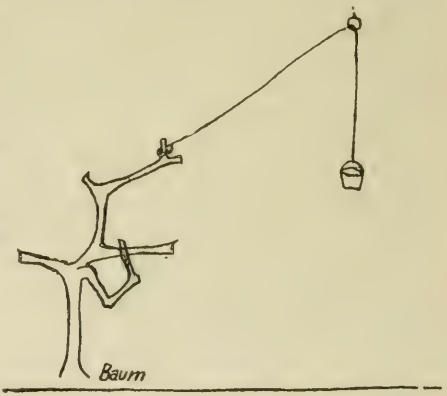
Das Männchen Koko, auf nur etwa drei Jahre eingeschätzt, war ein Schimpanse, wie man ihn nicht selten sieht: über dem stets prallen Bauch ein hübsches Gesicht mit ordentlichem Scheitel, mit spitzem Kinn und vordringenden Augen, das fortwährend unzufrieden zu fordern schien und dadurch dem kleinen Burschen etwas von selbstverständlicher Frechheit verlieh. In der Tat verlief ein großer Teil seines Daseins in einer Art chronischer Empörung; entweder weil es nicht genug zu essen gab, oder weil es Kinder wagten, in seine Nähe zu kommen, oder weil jemand, der eben bei ihm gewesen war, sich erlaubte, wieder fortzugehen, oder endlich weil er heute nicht mehr wußte, wie er sich gestern im gleichen Versuch geholfen hatte; er klagte nicht, er war entrüstet. Gewöhnlich äußerte sich diese Stimmung in heftigem Trommeln beider Fäuste auf dem Boden sowie in aufgeregtem Hopsen auf der Stelle, in Fällen starker Wut in schnell vorübergehenden Glottiskrämpfen, die wir auch bei den meisten andern Schimpansen in Wutanfällen, selten in äußerster Freude beobachtet haben; vor solchen Anfällen und in geringerer Erregung stieß er fortwährend ein kurzes ö aus, und zwar in dem unordentlichen, aber charakteristischen Rhythmus, den langsam feuernde Schützenlinien zu erzeugen pflegen. In dem unwirschen Fordern und der hellen Empörung, wenn seine Ansprüche nicht sofort befriedigt wurden, ähnelte Koko einem andern Egoisten par excellence, nämlich Sultan. Zum Glück — und vielleicht ist das kein Zufall — war Koko zugleich auch so begabt wie Sultan.

Das sind nur zwei Schimpansen: Für den, der Nueva und Koko lebend gesehen hat, ist kein Zweifel, daß die beiden in ihrer Art annähernd ebenso

stark voneinander abwichen wie zwei menschliche Kinder grundverschiedenen Charakters, und als allgemeine Maxime kann man aufstellen, daß niemals Beobachtungen an nur einem Schimpansen als maßgebend für die Tierform überhaupt angesehen werden dürfen. Die weiterhin mitgeteilten Versuche zeigen, daß auf intellektuellem Gebiet die Verschiedenheit der einzelnen Individuen nicht minder groß ist.

Fast alle Beobachtungen stammen aus dem ersten Halbjahr 1914[1]. Sie wurden später häufig nachgeprüft, aber nur einige ergänzende Versuche und Wiederholungen (aus dem Frühjahr 1916) sind in den Bericht aufgenommen, da im allgemeinen das früher beobachtete Verhalten wiederkehrte, jedenfalls aber nichts Wesentliches an den älteren Ergebnissen zu korrigieren war.

3. Versuche der oben angegebenen Art können je nach der Situation, um die es sich bei ihnen handelt, ganz verschiedene Anforderungen an die zu prüfenden Tiere stellen. Um ganz ungefähr die Schwierigkeitszone zu finden, innerhalb deren die Prüfung von Schimpansen überhaupt sinnvoll ist, stellten Hr. E. Teuber und ich ihnen eine Aufgabe, die uns schwierig, deren Lösung durch Schimpansen uns jedoch nicht unmöglich schien. Wie sich Sultan bei diesem Versuch benahm, sei zur vorläufigen Orientierung auch hier vorausgeschickt.



Am Henkel eines offenen Körbchens, das Früchte enthält, ist eine lange, dünne Schnur festgeknüpft; oben ins Drahtgitterdach des Spielplatzes der Tiere wird ein Eisenring gehängt, durch diesen die Schnur hindurchgezogen, bis der Korb etwa 2 m über dem Boden schwebt, und das freie Ende der Schnur in Form einer recht weit offenen Schlinge über den

[1] Sie sind also gewonnen, bevor wir die Schimpansen zu optischen Untersuchungen heranzogen. (Vgl. diese in den Abh. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss., Jahrg. 1915, phys.-math. Kl. Nr. 3.)

kurzen Aststumpf eines Baumes gelegt, etwa 3 m entfernt vom Körbchen und ungefähr in gleicher Höhe; die Schnur verläuft in spitzem Winkel mit dem Scheitel im Eisenring (vgl. Skizze). — Sultan, der die Vorbereitung nicht gesehen hat, wohl aber das Körbchen vom Füttern her gut kennt, wird auf den Platz gelassen, während der Beobachter außerhalb am Gitter Stellung nimmt. Das Tier betrachtet zunächst den hängenden Korb, beginnt aber bald lebhafte Unruhe (wegen des ungewohnten Alleinseins) zu zeigen, donnert nach Schimpansenart mit den Füßen gegen eine Holzwand und sucht an den Fenstern des Affenhauses und wo es sonst Ausblicke gibt, mit den andern Tieren, am Gitter mit dem Beobachter in Verbindung zu kommen; jene sind unsichtbar, dieser verhält sich gleichgültig. Nach einer Weile geht Sultan plötzlich auf den Baum zu, steigt schnell hinauf bis zur Schlinge, bleibt einen Augenblick ruhig, zieht dann, auf den Korb blickend, an der Schnur, bis der Korb oben am Ring (Dach) anstößt, läßt wieder los, zieht ein zweites Mal kräftiger, so daß der Korb oben kippt und eine Banane herausfällt. Er kommt herab, nimmt die Frucht, steigt wieder hinauf, zieht jetzt so gewaltsam, daß die Schnur reißt und der ganze Korb herabfällt, klettert hinunter, nimmt Korb und Früchte und geht damit ab, um zu fressen.

Drei Tage später wird der gleiche Versuch wiederholt, nur wird die Schlinge durch einen Eisenring am Ende des Seiles ersetzt und dieser Ring statt über den Aststumpf über einen Nagel gelegt, der in ein Turngerüst der Tiere eingeschlagen ist. Sultan zeigt sich jetzt frei von jeder Besorgnis, sieht einen Augenblick zum Korb hinauf, geht dann geradeswegs auf das Turngerüst zu, erklettert es, zieht einmal am Seil und läßt es wieder zurückgleiten, reißt nochmals und mit aller Kraft, so daß der Strick reißt, klettert hinab und holt sich die Früchte.

Als Lösung der Aufgabe konnte im besten Falle erwartet werden, daß das Tier Schlinge (oder Eisenring) von Aststumpf (oder Nagel) abstreifen und den Korb dann einfach herabfallen lassen würde usw. An dem wirklichen Verhalten sieht gut aus, wie der Situationswert der Seilverbindung mit einer gewissen Selbstverständlichkeit ausgenutzt wird, aber der weitere Verlauf des Versuches ist nicht gerade klar, und die beste Lösung wird nicht einmal angedeutet. Woran das liegt, kann man nicht erkennen: Hat Sultan die lockere Befestigung Schlinge–Aststumpf oder Ring–Nagel vielleicht nicht gesehen? Hätte er sie zu lösen gewußt, wenn er auf sie aufmerksam

geworden wäre? Würde er überhaupt erwarten, daß der Korb zur Erde fällt, wenn diese Befestigung gelöst wird? Oder liegt die Schwierigkeit darin, daß der Korb eben zur Erde und nicht in Sultans Hände direkt fallen würde? Denn wir können ja auch nicht erkennen, ob Sultan wirklich am Seil zog, um es zum Reißen und den Korb auf die Erde zu bringen. So haben wir also einen Versuch gemacht, der für den Anfang zu komplexe Bedingungen enthält, als daß man ihm viel entnehmen könnte, und sehen uns deshalb veranlaßt, die folgenden Untersuchungen mit ganz elementaren Aufgaben zu beginnen, in denen das Verhalten der Tiere womöglich eindeutig werden muß.

1. Umwege.

An einer Stelle des Gesichtsfeldes wahrgenommenes Futter (allgemeiner ein Ziel) wird, solange Komplikationen ausgeschlossen bleiben, in der geraden Verbindungslinie zum Ziel von allen den höheren Tieren erreicht, die sich überhaupt optisch zu orientieren vermögen; man darf sogar annehmen, daß dies Verhalten für ihre Organisation ganz ohne Erfahrung festliegt, sobald nur Nerven und Muskeln die nötige Reife für die Ausführung erlangt haben.

Soll also das Versuchsprinzip, das in der Einleitung angegeben wurde, in einer ganz besonders einfachen Form angewendet werden, so kann man die Worte »gerader Weg« und »Umweg« wörtlich nehmen und eine Aufgabe stellen, die nur an Stelle des biologisch festen geraden Weges eine kompliziertere Geometrie der Hinbewegung zum Ziel erfordert: Der gerade Weg wird abgeschnitten in einer Weise, daß das Hindernis deutlich übersehbar ist, dagegen bleibt das Ziel auf übrigens freiem Grund, jedoch nur in gekrümmter Bahn erreichbar; wie das Ziel und das Hindernis ist auch der Gesamtraum möglicher Umwege zunächst als optisch aktuell wahrnehmbar vorausgesetzt; gibt man dem Hindernis verschiedene Form, so wird hieraus im allgemeinen eine Variation der möglichen Umwege, vielleicht zugleich eine Abstufung der Schwierigkeiten folgen, welche eine solche Situation für den Prüfling enthält.

Dieser einfache Versuch, der bei etwas näherer Betrachtung als der schlechthin einfachste und unter gewissen Bedingungen als ein Fundamentalversuch für theoretische Fragestellungen erscheinen kann, wird in der angegebenen Form bei Schimpansen von 5 bis 7 Jahren Alter nichts ergeben

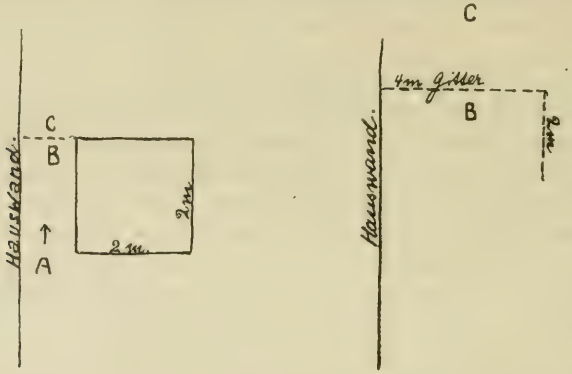
können, was man nicht fortwährend bei ihnen sehen könnte. Sie umgehen wohl sofort ein jedes Hindernis, das zwischen ihnen und einem Ziel liegt, vorausgesetzt, daß sie in das Raumgebiet, in welchem mögliche Umwegkurven liegen, genügenden Einblick haben. Dabei kann der Weg auf ebener Erde oder über Bäume und Gerüste oder auch unter einem Dach entlang führen, wenn dieses ihnen nur Greifmöglichkeit bietet, und so bestand bei später zu beschreibenden Prüfungen, in denen das Ziel vom Drahtdach ihres Spielplatzes herabhing, der erste Lösungsversuch oft genug darin, daß sie an der nächsten bequemen Stelle zum Dach und an diesem entlang bis zum herabhängenden Seil kletterten. Es bedurfte strenger Verbote, bis dieser und andere Umwege aus dem Programm verschwanden, auf die bisweilen nur Turner wie die Schimpansen, und auch unter ihnen nur die wahren Akrobaten (Chica) kommen konnten; denn man darf nicht etwa meinen, daß wenigstens in Körpergewandtheit die Schimpansen einander ungefähr glichen. — Mit derselben Sicherheit sieht man natürlich die Tiere ihren Körper drehen, beugen und wenden, je nachdem die Form eines engen Zuganges es erfordert; aber niemand erwartet auch vom Schimpansen, daß er z. B. ratlos vor dem horizontal erstreckten Spalt einer Wand stehenbleiben wird, jenseits deren sein Ziel liegt, und so macht es gar keinen Eindruck auf uns, wenn er sich selbst möglichst in eine Horizontale verwandelt und so hindurchschlüpft. Erst wenn man mit weniger hochstehenden Tieren Umwegversuche anstellt und wenn man selbst bei den Schimpansen durch anscheinend geringe Modifikation der Fragestellung Unsicherheit, ja Ratlosigkeit hervorrufen kann, erst dann wird man gewahr, daß das Umwegemachen durchaus nicht allgemein als selbstverständliches Verhalten gelten darf[1]. Da es aber in der bisher besprochenen Form beim Schimpansen durchaus nicht den Eindruck besonderer Einsicht erweckt, sondern als selbstverständlich wenigstens erscheint, so unterbleibt hier der untheoretischen Fragestellung gemäß eine weitere Erörterung.

Indessen ist bei einfachsten Umwegversuchen die Beobachtung so besonders leicht, daß sich die Mitteilung solcher Prüfungen empfiehlt, die mit anderen Wesen vorgenommen wurden; bei dem exemplarisch einfachen Fall wird man sofort auf ein Moment aufmerksam, welches in allen schwierigen Versuchen am Schimpansen wiederkehrt und dort die angemessene

[1] Vgl. den letzten Abschnitt dieser Schrift S. 178ff.

Beachtung leichter finden kann, wenn man es von den folgenden Beispielen her kennt.

In der Nähe einer Hauswand wird ein quadratisch umzäuntes Gebiet improvisiert derart, daß die eine Seite, 1 m vom Hause entfernt, ihm parallel steht und mit ihm einen Gang von 2 m Länge macht; dessen eines Ende wird durch ein Gitter verschlossen und nun eine ausgewachsene kanarische Hündin aus der Richtung A (vgl. Skizze) in die Sackgasse bis B gebracht, wo sie, den Kopf nach dem abschließenden Gitter gerichtet, mit einigem Futter beschäftigt bleibt. Als dieses fast ganz verschwunden ist, wird neues



an der Stelle C, jenseits des Gitters niedergelegt; die Hündin sieht es, scheint einen Augenblick stutzig, dreht sich dann im Nu um 180° und läuft auch schon in glatter Kurve, ohne jede Unterbrechung, aus der Sackgasse, um den Zaun herum bis zum neuen Futter.

Derselbe Hund verhielt sich ein andermal zunächst ähnlich: Über einen Zaun aus Drahtgeflecht (und von der skizzierten Form), an dem das Tier bei B steht, wird ein Stück Futter weit hinausgeworfen; die Hündin läuft sofort in großem Bogen hinaus. Sehr beachtenswerterweise scheint sie ratlos, als gleich danach bei einer Wiederholung das Futter nicht weit hinausgeworfen, sondern nur eben über das Gitter hinaus fallen gelassen wird, so daß es, nur durch die Drähte von ihr getrennt, unmittelbar vor ihr liegt: als ob die Nahkonzentration auf das Ziel (wohl unter starker Beteiligung des Geruches) die weitausgreifende Kurve um den Zaun nicht

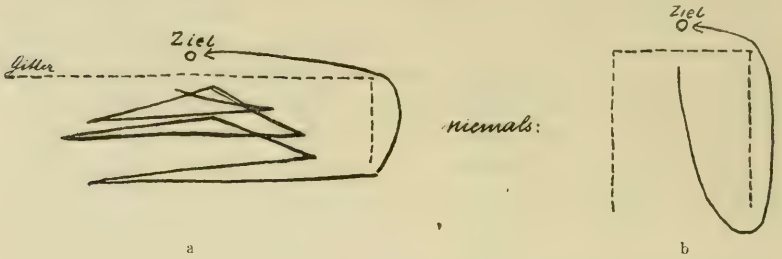
aufkommen ließe, stößt sie immer wieder mit der Schnauze gegen das Gitter und rührt sich nicht vom Fleck.

Ein kleines Mädchen von einem Jahr und drei Monaten, das seit wenigen Wochen allein geht, wird in eine ad hoc hergestellte Sackgasse (2 m Länge, $1^1/_2$ m Breite) hineingesetzt, jenseits der Absperrung vor seinen Augen ein schönes Ziel niedergelegt; es drängt erst gerade auf das Ziel zu, also gegen die Absperrung, sieht sich dann langsam um, läßt die Augen an der Sackgasse entlang laufen, lacht plötzlich vergnügt und trottet auch schon in einem Zuge die Kurve bis zum Ziel.

Macht man ähnliche Versuche mit Hühnern, so zeigt sich sofort, daß das Umwegemachen nicht selbstverständlich, sondern eine kleine Leistung ist; Hühner sind schon in Situationen, die viel geringere Umwege verlangen als die bisher erwähnten, ganz hilflos, rennen, wenn sie das Ziel durch ein Gitter hindurch vor sich sehen, immer wieder gegen das Hindernis an, indem sie dabei unruhig hin und her fahren, und machen selbst dann ihre Sache nicht besser, wenn ihnen das Hindernis (als ihr Gitter) und der Hauptteil des Umweges (als um ihren Türflügel und durch die ihm entsprechende Öffnung) wohlbekannt ist. Verschiedene Hühner verhalten sich nicht ganz gleich, und macht man den Umweg geringer, während sie alle gegen das Hindernis drängen, so ist sehr gut zu beobachten, wie erst eins, dann noch eins usw. mit Anrennen gegen das Hindernis aufhört und plötzlich in schnellem Lauf die Umwegkurve zurücklegt; einige besonders unbegabte Exemplare pflegen aber noch lange Zeit gegen das Gitter zu rennen, auch bei den leichtesten Aufgaben. Der Unterschied ist ebenfalls sehr deutlich, wenn man beachtet, wieweit bei größeren Umwegen der Zufall die einzelnen Tiere begünstigen muß, damit die Lösung auftritt. Im Hin- und Herpendeln gegenüber dem Ziel kommen sie für Augenblicke auch in Stellungen, von denen aus der Umweg geringer ist; aber eine und dieselbe Erleichterung, die der Zufall mit sich bringt, wirkt recht verschieden auf verschiedene Tiere: das eine stürmt plötzlich in geschlossener Kurve hinaus, das andere pendelt ratlos wieder in die »falsche« Richtung. Alle Hühner, die ich so beobachtete, brachten nur sehr »flache« Umwege zustande (vgl. die Skizze a im Gegensatz zu b S. 14), anscheinend durfte der mögliche Umweg überhaupt nicht mit der Richtung beginnen, die zunächst gerade vom Ziel fortführt (vgl. dagegen oben das Verhalten von Kind und Hund).

Hieraus folgt, daß für die Vorgänge, die der kleinen Leistung zugrunde liegen, Variation der geometrischen Umstände von der größten Bedeutung ist[1]. Deren Einfluß wird auch bei den Anthropoiden und bei viel schwereren Aufgaben mehrfach stark auffallen.

Da der Zufall die Tiere in günstigere Stellungen bringen kann, so wird es auch gelegentlich vorkommen, daß eine Reihe reiner Zufälle sie vom Ausgangspunkt ganz bis zum Ziel oder wenigstens bis zu Stellungen bringt, von wo aus ein gerader Weg ans Ziel führt. Entsprechendes gilt für alle Intelligenzprüfungen — wenigstens im Prinzip; denn je komplexer die erforderliche Leistung ist, desto unwahrscheinlicher wird es, daß der Zufall sie ganz imitiert, und deshalb ist allgemein zu der Frage, ob ein Tier



im Versuch den jeweiligen »Umweg« (im weiteren Sinn des Wortes) findet, eine einschränkende Bedingung zu fügen, die Zufallserfolge ausschließt. Da nun — wenn wir die beschriebenen Umwegversuche im engeren Sinn als Beispiel nehmen — im Fall des Erfolgs stets ungefähr der gleiche Weg vom Tier zurückgelegt wird, ob durch eine Reihe von Zufällen oder in echter Lösung der Aufgabe, so erhebt sich der Einwand, zwischen beiden Möglichkeiten sei nicht zu unterscheiden. Es ist für alles Folgende und für die Psychologie der höheren Tiere überhaupt von entscheidender Bedeutung, daß man sich durch ein scheinbar so triftiges, aber in Wahrheit irrtümliches Bedenken nicht verwirren läßt. Für die Beobachtung, die hier allein zu entscheiden hat, besteht im allgemeinen ein ganz grober Formunterschied zwischen echten Leistungen und Imi-

[1] Die Art der Abhängigkeit muß sich genauer feststellen lassen. Geschieht es, so sind damit jeder Theorie des Versuchs bestimmte Bedingungen gestellt.

tationen des Zufalls, und niemand, der erst eine Anzahl ähnlicher Versuche an Tieren (oder Kindern) gemacht hat, wird diesen Unterschied übersehen können: Die echte Leistung verläuft räumlich wie zeitlich vollkommen in sich geschlossen, als ein einziger Vorgang, in unserm Beispiel als ein stetiger Lauf ohne das mindeste Absetzen, bis zum Ziel; der Zufallserfolg entsteht aus einem Agglomerat von Einzelbewegungen, die auftreten, ablaufen, neu einsetzen, dabei nach Richtung und Geschwindigkeit voneinander unabhängig bleiben und nur im ganzen, geometrisch addiert, beim Ausgangspunkt anfangen und beim Ziel enden. Die Hühnerversuche bieten den Kontrast in besonders auffallender Form dann dar, wenn ein und dasselbe Tier zunächst unter dem Drang nach dem Ziel unsicher herumfährt (in Pendelbewegungen, die auf der Skizze bei weitem nicht ungeordnet genug angedeutet sind) — wenn eines dieser Bahnstücke an eine günstige Stelle führt und nun plötzlich das Tier in einer einzigen geschlossenen Bewegung die Kurve entlangfährt: hier wird ein erstes Stück des möglichen Umweges im ungeordneten Pendeln, alles übrige »echt« zurückgelegt; das eine Verhalten folgt unmittelbar auf das andere, und zwar so abrupt, daß kein Mensch den anschaulichen Unterschied in der Bewegungsart verkennen könnte.

Ist der Versuch noch nicht oft gemacht, so kommt hinzu, daß der Moment, in dem eine echte Lösung einsetzt, im Verhalten des Tieres (oder auch des Kindes) durch eine Art Ruck scharf markiert zu sein pflegt: der Hund stutzt, wirft sich dann plötzlich um 180° herum usw., das Kind schaut um sich, plötzlich leuchtet sein Gesicht auf usw. Die charakteristische Stetigkeit des echten Lösungsverlaufes wird also in solchen Fällen durch eine Unstetigkeit, ein neues Einsetzen zu Beginn, noch auffälliger gemacht.

Ausdrücklich warne ich vor der Mißdeutung, als sei hier einer irgend übernatürlichen Erkenntnisart das Wort geredet: jedermann kann so beobachten, wenn schon diese Beobachtung wie alle andern übbar ist. Der Art nach Ähnliches kommt auch außerhalb der Tierpsychologie oft genug in Betracht. So treiben vagabundierende Erdströme und andere schnell wechselnde zufällige Einflüsse den Faden eines schlecht aufgestellten elektrischen Meßapparates in ganz unregelmäßiger Weise auf der Skala hin und her; wandert aber der Faden stetig auf eine Einstellung zu, so wird kein Physiker den anschaulichen Unterschied und seine Bedeutung verkennen.

Bei Beobachtung der Brownschen Molekularbewegung wird im allgemeinen ein Versuchsfehler, der in die normalerweise ungeordnete Bewegung eine Bewegung fester Form hineinbringt, sofort anschaulich auffallen usw. Später wird von diesem nicht nur methodisch wichtigen Punkt noch mehr die Rede sein.

Umwegversuche der angeführten Art dürfen nicht verwechselt werden mit zwei andern Versuchsarten: 1. »Frösche ohne Großhirn und Zwischenhirn weichen noch Hindernissen aus« (Nagel, Physiol. d. Menschen IV, 1, S. 4; A. Tschermak). Die Tiere biegen also automatisch aus einer Bewegungsrichtung ab, die sie in Kollision mit einem Hindernis bringen würde. Folgt daraus, daß die gleichen Frösche automatisch einen Umweg um ein Hindernis herum zu einem Ziel hin machen würden? Offenbar nicht. Das Wesentliche unseres Versuches kommt in dem Froschexperiment gar nicht vor. — 2. Die amerikanische Tierpsychologie läßt vielfach Tiere (oder Menschen) den Ausweg aus Labyrinthen suchen, welche von keinem Punkt des Innern aus überschaubar sind; das erste Herausfinden ist deshalb notwendig vom Zufall abhängig, und so kommt es den betreffenden Forschern auch nur darauf in erster Linie an, wie unter solchen Umständen gemachte Erfahrungen bei immer weiteren Versuchen vom Prüfling ausgenutzt werden. In den Intelligenzprüfungen von der Art unserer Umwegversuche kommt alles darauf an, daß die Situation dem Prüfling offen gegeben ist.

Für die Schimpansen erschwerte ich den Umwegversuch auf folgende Weise: Das Ziel hängt in einem Korb vom Drahtdach und kann von der Erde aus nicht erreicht werden; der Korb enthält auch mehrere schwere Steine, so daß eine Pendelschwingung von Faden und Korb auf einen kräftigen Anstoß hin längere Zeit bestehen bleibt; die Ebene dieser Schwingung wird so gerichtet, daß der Korb bei maximalem Ausschlag nach der einen Seite einem Gerüst nahekommt; der Umweg ist also nur für kurze Zeitmomente leicht erkennbar (und brauchbar). — (19. 1. 1914.) Sobald das Pendel schwingt, werden Chica, Grande, Tercera herbeigelassen[1]. Grande springt vom Boden aus nach dem Korb, ohne ihn zu erreichen; Chica, die inzwischen die Lage ruhig überschaut hat, läuft mit einemmal auf das Gerüst zu, klettert hinauf, erwartet mit ausgestreckten Armen den Korb und fängt ihn auf. Der Versuch hat etwa eine Minute gedauert[2]. Wieder-

[1] In den ersten Tagen waren diese Tiere viel zu ängstlich, als daß eines zu Versuchen hätte isoliert werden können; dieser Umstand hat die allergrößten Schwierigkeiten mit sich gebracht, und etwa Chica ganz allein zu prüfen, war noch nach einem halben Jahr nicht möglich; als Gesellschaft gab ich in solchen Fällen meist Tercera oder Konsul, die aus Trägheit oder Schüchternheit an sich recht unbrauchbar waren, verlor aber auch sonst gelegentlich eine Versuchsperson für bestimmte Aufgaben auf demselben Wege.

[2] Ich gebe in dieser Schrift keine oder doch nur da ungefähre Zeitangaben, wo diese einen sachlichen Wert haben. Im allgemeinen hängt die Dauer eines Versuches von so viel zufälligen und wechselnden Umständen ab (z. B. vergeblichen Lösungsversuchen, mangeln-

holungen mit anderen Tieren (Rana, Koko) verliefen ebenfalls so einfach und schnell, daß die Lösung auch dieser Aufgabe wohl jedem Schimpansen zuzutrauen ist; Grande, die die Lösung von Chica gesehen hatte, kam dieser bei sofortiger Wiederholung des Versuches zuvor; nach allem Späteren ist kein Zweifel, daß das gute Beispiel nicht unbedingt erforderlich gewesen wäre und daß sie, immer langsamer als die andern, nach einer Weile von selbst den Umweg gesehen hätte.

Sultan, der nicht bei diesen Versuchen zugegen gewesen war, wurde (20. 1.) mit dem gleichen Pendel geprüft, dieses aber, bevor er es sah, in Kreisschwingung versetzt, die den Korb mit der etwa konstanten großen Geschwindigkeit an einem nahestehenden Balken vorüberführte; der Schwingungsform und der gleichmäßigen Geschwindigkeit wegen ist dieser Versuch wohl etwas schwerer. Sultan schaut einen Augenblick hinauf und verfolgt den Korb mit den Augen; als er ihn am Balken vorüberschießen sieht, ist er sofort oben und erwartet ihn hier.

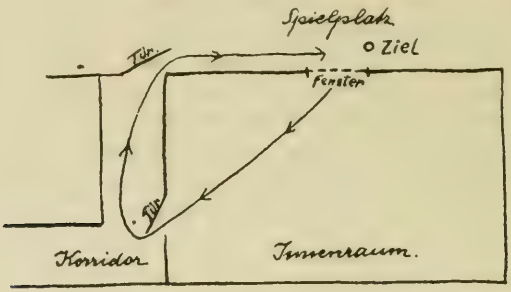
In solchen Versuchen macht es gar nichts aus, ob der zugängliche Punkt, dem das Pendel vorübergehend nahekommt, in aufeinanderfolgenden Versuchen derselbe bleibt oder nicht und ob es sich um eine Hauswand, einen Baum, ein Gerüst oder anderes mehr handelt. Führt man Variationen dieser Art ein, so besteigt ein und dasselbe Tier nicht etwa den Punkt, wo es vorher Erfolg hatte, sondern es klettert mit Sicherheit an die Stelle, die in der jeweiligen Situation die richtige ist. Bei so einfachen Versuchen habe ich nie einen Verstoß gegen diese Regel gesehen, wohl aber bei Aufgaben, die sehr viel vom Schimpansen verlangen; da kommen Fehler in der Richtung törichten Repetierens vor.

Als beträchtlich schwerer erscheint der Umwegversuch, wenn ein Teil der Situation, womöglich der größere, vom Ausgangspunkt aus nicht sichtbar, sondern nur »aus Erfahrung« bekannt ist.

---

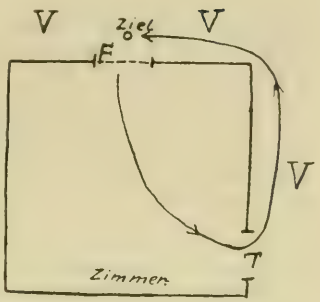
dem Interesse, Trauer über Isolierung oder Mißerfolg usw.), daß Zeitmessungen allein den Anschein quantitativer Methodik erzeugen würden. Wie es zeitlich in einem Versuch zugeht, ist aus der Beschreibung wohl immer so weit zu sehen, als es für unsere Zwecke in Betracht kommt. Ob ein Intervall der Gleichgültigkeit oder des Jammerns, wie es häufig vorkam, drei Minuten, d. h. vielleicht zehnmal so lange wie der eigentliche Lösungsverlauf, oder eine halbe Stunde, vielleicht tausendmal so lange wie dieser dauert, ist ja wohl vollkommen einerlei. In den meisten Fällen würde eben die Lösung selbst einen beliebigen Bruchteil der gemessenen »Versuchszeit« ausmachen.

Ein Raum des Tierhauses hat ein sehr hochgelegenes, durch Holzläden zu verschließendes Fenster, das auf den Spielplatz hinausgeht. Aus dem Raum kommt man auf den Spielplatz durch die Tür des Raumes, die in den Korridor führt, ein kurzes Stück dieses Korridors und eine Tür vom Korridor auf den Spielplatz (vgl. die Skizze). Alle erwähnten Teile sind den Schimpansen gut bekannt, befindet sich aber einer in jenem Raum, so sieht er nur dessen Inneres. (6. 3.) Ich nehme Sultan aus einem andern Raum des Tierhauses, wo er mit den übrigen gespielt hat, über den Korridor mit mir in jenes Zimmer, lehne hinter uns die Tür an, gehe mit ihm ans Fenster, öffne den Holzladen ein wenig, werfe eine Banane hinaus,



so daß Sultan sie durchs Fenster verschwinden, aber wegen der Höhe des Fensters nicht fallen sieht und schließe den Laden schnell wieder (Sultan kann nur ein wenig von dem Drahtdach draußen gesehen haben); als ich mich umdrehe, ist Sultan schon unterwegs, stößt die Tür auf, verschwindet im Korridor, wird an der zweiten Tür und gleich darauf vor dem Fenster hörbar; draußen finde ich ihn eifrig unter dem Fenster suchend: die Banane ist zufällig in den dunklen Spalt zwischen zwei Kisten gefallen. — Unsichtbarkeit des Zielortes und des größeren Teiles vom möglichen Umweg behindern also die Lösung nicht wesentlich; sind die betreffenden Raumteile nur sonst bekannt, so bildet sich durch sie hindurch die Umwegkurve mit Leichtigkeit.

Bei einem ganz ähnlichen Versuch mit der schon erwähnten Hündin zeigte sich dann, daß diese dasselbe leistete. Durch die Tür *T* tritt man von dem Vorplatz, der frei und glatt um das Haus läuft, in ein Zimmer mit dem Fenster *F* nach dem Vorplatz *V* zu (vgl. Skizze); die Hündin,



die Zimmer und Vorplatz von Besuchen her kennt — sie gehört nicht zum Hause —, wird zur Tür *T* hinein ins Zimmer gebracht und mit Futter ans offene Fenster gelockt; sie kann von hier aus nur entferntere Baumkronen, nicht den Vorplatz selbst, sehen. Das Futter wird hinausgeworfen und sofort danach das Fenster geschlossen. Die Hündin springt einmal gegen die Fensterscheibe, steht dann einen Augenblick, den Kopf nach dem Fenster hinaufgerichtet, sieht kurz nach dem Beobachter; plötzlich fährt ihr Schwanz ein paarmal hin und her, sie springt mit einem Satz 180° herum und jagt in einem Zuge aus der Tür und außen herum bis unter das Fenster, wo sie das Futter sogleich findet[1].

Thorndike hat Katzen und Hunde in großer Zahl geprüft, um zu sehen, was an den vielen Wundergeschichten ist, die über diese Hausgenossen erzählt werden. Das Resultat fiel sehr ungünstig für die Tiere aus und Thorndike kam zu dem Schluß, daß sie, weit entfernt »zu denken«, nicht einmal Vorstellungen mit Wahrnehmungen assoziieren wie ein Mensch, sondern im wesentlichen auf die Erfahrungsverknüpfung von bloßen »Impulsen« mit Wahrnehmungen beschränkt bleiben. Diese Untersuchung hat zu ihrer Zeit in der negativen Richtung das Nötigste geleistet, ist aber, wie sich immer mehr (auch in Amerika) herausstellt, in derselben Richtung etwas zu weit gegangen. Die Prüfungen waren jenen Tieranekdoten gemäß und so schwer, daß das Resultat wohl kläglich ausfallen mußte; unter dem Eindruck des Versagens der Tiere in diesen Prüfungen hat Thorndike dann allgemeine negative Sätze über ihre Leistungsfähigkeit aufgestellt, die aus den speziellen, eben zu schweren Versuchen nicht folgen. So töricht der Hund neben dem Schimpansen z. B. erscheint, so dürfte doch in so einfachen Fällen wie dem eben beschriebenen eine nähere Untersuchung sehr angebracht sein.

Um des Prinzips der Untersuchungsart willen muß ich noch eine weitere Ausstellung an den Experimenten von Thorndike machen. Sie waren als Intelligenzprüfungen von der Art der unseren (Frage: Einsicht oder nicht?) gedacht, mußten also den gleichen allgemeinen Bedingungen genügen, um ihren Zweck zu erfüllen, vor allem in Situationen angestellt werden, welche für das Tier der Möglichkeit nach überschaubar sind; denn wenn wesentliche Teile der Situation der Sache nach vom Prüfling gar nicht eingesehen werden können, wie soll er dann einsichtig mit der Aufgabe fertig werden? Mit einiger Verwunderung sieht man deshalb die Katzen und Hunde mehrfach in Käfige gesetzt, in

[1] Etwas andere Umwegversuche stellten an: Thorndike (vgl. das unten zitierte Werk) und Hobhouse (Mind in Evolution. London 1901, S. 223f.). — Ich bemerke noch, daß die Hündin nicht von der Seite des Fensters her zur Tür hereingebracht wurde; rückwärts hat sie also Geruchsspur höchstens bis zur Tür; doch dürfte nach der Beobachtung der Geruch überhaupt keine Rolle gespielt haben.

welche nur das Ende irgendeines Mechanismus mündet, durch deren Gitter man noch Seilstücke oder andere Teile des Mechanismus von innen sehen kann, während die ganze Situation, in der sich das Tier zurechtfinden soll, von innen unmöglich klar überschaut werden kann. Aufgabe: Durch Ziehen oder Drücken an dem zugänglichen Teil des Mechanismus soll sich das Tier selbst befreien; denn — davon geht die Tür des Käfigs auf. Thorndike teilt weiter Versuche mit, in denen Tiere aus einem Käfig dann befreit wurden, wenn sie sich selbst kratzten oder wenn sie sich selbst leckten usw. Er stellt diese Experimente jenen andern (wo ein Mechanismus zu betätigen ist) gegenüber, da hier kein Zusammenhang, keine Übereinstimmung zwischen Handlung und Erfolg bestehe wie in jenen; in Wirklichkeit aber nähert sich manche jener Anordnungen leider den Bedingungen in solchen Versuchen ohne sachlichen Zusammenhang. — Immerhin enthalten die Mechanismussituationen sämtlich Bestandteile, die überhaupt mit irgendeinem Grad von Einsicht behandelt werden können, und man ist deshalb gespannt zu erfahren, ob sich die Tiere in diesem Fall (teilweise der Möglichkeit nach einsichtig zu behandelnde Situation) irgend anders verhalten als in jenem (absichtlich ganz sinnlos gewählte Versuchsumstände); denn hier handelt es sich ja offenbar um eine Art von experimentum crucis. Das Ergebnis ist, daß das richtige Verhalten in beiden Fällen in mehr oder weniger ausgedehntem »Lernen« sich ausbildet — wie zu erwarten, da die »Sinnversuche« viel zu schwer sind und in Teilbedingungen ebenfalls mehrfach nicht eingesehen werden können. Aber wenn die Tiere die Aufgabe beherrschen, dann zeigt sich schon ein Unterschied: »In allen diesen Fällen« — der ganz sinnlosen Art — »zeigt sich eine bemerkenswerte Tendenz .... den Akt zu reduzieren, bis er eine bloße Spur von Lecken oder Kratzen wird« und vor allem weiter: »Wenn man bisweilen die Katze nicht herausläßt nach dieser schwachen Reaktion, so wiederholt sie nicht etwa die Bewegung sofort, wie sie das tun würde, wenn sie z. B. einen Drücker herabdrückte, ohne daß die Tür davon aufginge[1].« Thorndike erklärt nur, den Grund für beide Erscheinungen nicht angeben zu können. Da es sich um eines der interessantesten von seinen Ergebnissen handelt, wennschon nicht um eines, das nach seiner Theorie zu erwarten wäre, so wird man diesen schnellen Verzicht bedauern müssen.

2. Werkzeuggebrauch.

Die Situation wird weiter erschwert: Es gibt keinen Raum möglicher Umwege mehr, ebenso ungangbar wie die gerade Verbindungslinie zum Ziel sind alle sonst geometrisch denkbaren Kurven; und auch kein Anpassen der eigenen Körperform an Raumformen der Umgebung bringt das Tier mit dem Ziel zusammen. Soll diese Verbindung doch irgendwie hergestellt werden, so kann das nur durch die Einschaltung eines materiellen Zwischengliedes geschehen. So vorsichtig muß man sich, wie wir sehen werden, der Sache nach ausdrücken; erst wenn dies indirekte Verfahren mit Hilfe dritter Körper gewisse Formen annimmt, darf man im gewöhn-

[1] Animal Intelligence. New York 1911, S. 48.

lichen Sinn sagen: mittels eines Werkzeuges wird das Zielobjekt in Besitz genommen; es gibt eine Art, die Distanz zum Ziel durch dritte Körper in gewisser Weise zu überwinden, welcher dieser Satz nicht gerecht wird[1].

Enthält das Feld dritte Körper, die sich zur Bewältigung der kritischen Distanz Tier–Ziel eignen, so fragt sich, inwieweit ein Schimpanse fähig ist, unter dem Drang nach dem Ziel von einer solchen Möglichkeit Gebrauch zu machen.

I

Die Aufgabe ist am leichtesten, wenn die Distanz sachlich im Grunde schon überwunden, der dritte Körper schon »eingeschaltet« ist; steht dieser mit dem Ziel in Verbindung, so kann man entweder den Wert dieser Verbindung ausnützen oder man sieht den dritten Körper als gleichgültig wie jeden andern an (außer dem Ziel selbst) und bleibt so hilflos.

Schon in der Einleitung zeigte sich, daß Sultan eine solche Lage beherrscht, obschon die Verbindung nicht von der einfachsten Form ist und erst zur Geltung kommt, wenn er zunächst einen Umweg (auf den Baum) macht. Stellt man den Versuch einfach so an, daß an das Ziel ein Faden od. dgl. geknüpft ist, der bis in die Reichweite des Tieres läuft, dann wird man den Schimpansen diese Aufgabe wohl stets sofort lösen sehen.

Nueva wurde am sechsten Tage ihres Stationsaufenthaltes (14. 3.) geprüft: Etwas über 1 m von dem Gitter ihres Käfigs entfernt lag das Ziel, ein weicher Strohhalm war darangebunden und reichte mit den freien Ende über den sonst leeren Grund bis an das Gitter; kaum hatte Nueva das Ziel gesehen, so griff sie nach dem Halm und zog vorsichtig das Ziel damit heran.

Koko, seit 5 Tagen Mitglied der Station (13. 7.): Das Tier war mit seiner Halskette an einem Baum festgelegt und beherrschte so nur einen beschränkten Kreis; jenseits von dessen Peripherie wurde das Ziel niedergelegt, während der Faden, der daran befestigt war, bis in den Kreis

[1] Es kommt hinzu, daß man auf dem ganzen Problemgebiet gut tut, bisweilen Schlagworte wie »Werkzeugbrauch«, ebenso »Nachahmung« u. dgl. durch andere Worte zu ersetzen, die möglichst genau dem Verhalten des Tieres entsprechen. Jene abgenutzten Worte haben den Nachteil, unter dem Anschein der Bekanntheit die wichtigsten Fragen zu verstecken; auf gute Fragen aber kommt man vielleicht eher, wenn man sich auch bei der Wahl der Ausdrücke nach Möglichkeit vom Verhalten des Tieres leiten läßt; manchmal ist das allerdings recht schwer, weil gut passende Worte einfach nicht vorhanden sind.

hineinreichte; Koko hatte die Vorbereitung nicht gesehen. Auf das Ziel aufmerksam gemacht, sah er nur eben einmal hin und wandte sich dann wieder ab; nochmals auf das Futter hingewiesen, griff er schnell nach dem Faden und zog es heran, warf es aber nach kurzer Prüfung wieder fort: es war nicht die richtige Art Ziel.

Derselbe Versuch hatte schon vorher (Februar 1914) bei Tschego und Konsul das gleiche positive Ergebnis gehabt, und das, obwohl die Seilverbindung für sie an 3 m lang gewählt wurde; die übrigen Tiere bekamen alle einmal in schwierigeren Versuchen mit der Seilverbindung zu tun, und nie hat eines gezögert, sie auszunutzen. Immer geschah das Heranziehen »im Hinblick auf das Ziel«, auch im wörtlichen Sinn: ein Blick auf das Ziel, und das Tier beginnt, immer auf das Ziel, nicht auf das Seil gerichtet, zu ziehen. So kann keine Rede davon sein, daß zunächst nur das Seil aus irgendeinem Grunde herangezogen werden sollte.

Variation: Das Ziel liegt in einem Korb; an dessen Henkel ist das Seil gebunden und dieses ist bis an das Gitterfenster eines Raumes hinaufgeführt, in dem sich ein Schimpanse aufhält: Der Korb wird stets am Seil hinaufgehoben.

Ein Hund könnte sich in demselben Versuch mit Vorderfuß oder Zähnen sehr wohl helfen; aber das Tier, von dem oben die Rede war, brachte diese einfache Leistung nicht zustande und beachtete den Faden überhaupt nicht, der bis unter seine Schnauze lief, während es zugleich das lebhafteste Interesse am Ziel bezeugte. Hunde und wohl z. B. auch Pferde könnten — wenn nicht besonders glückliche Zufälle in ihren Bewegungen oder irgendwelche Unterweisung ihnen helfen — wahrscheinlich in einer solchen Lage einfach verhungern, wo für Mensch und Schimpanse kaum ein Problem besteht.

Die Leistung des Schimpansen verdient jedoch, näher betrachtet zu werden. Zu diesem Zweck wird die Situation ein wenig verwirrt (11. 6. 14): Das Ziel liegt, an einen Faden gebunden, jenseits eines Gitters am Boden; aber außer dem »richtigen« Faden laufen, ihn und einander kreuzend, noch drei weitere aus der ungefähren Gegend des Zieles in verschiedenen Richtungen auf das Gitter zu (vgl. Skizze a). Mit einigermaßen aufmerksamem Blick sieht der (erwachsene) Mensch sofort, welches der richtige Faden ist. — Sultan wird ans Gitter gebracht, sieht nur flüchtig hinaus und reißt in schneller Folge an zwei falschen und dann an dem richtigen Faden (die Reihenfolge wie die in der Skizze beigefügten Zahlen).

a:
1
2
3
b:
1
2
c:
1
d:
1
2
e:
1

Das Feld wird wieder beträchtlich klarer, wenn nur zwei Fäden, der richtige und ein falscher, nach dem Ziel hin laufen und sich dabei womöglich nicht einmal kreuzen. Das Ergebnis in vier solcher Fälle *b* bis *e* (14.6.) ist nach der Skizze leicht verständlich. Dabei beträgt die Entfernung Tier–Ziel etwa 1 m, die falschen Fäden nähern sich auf etwa 5 cm dem Ziel. Ob Sultan bei hinreichender Ruhe imstande wäre, aus der Betrachtung des Feldes klar zu entnehmen, welcher Faden der richtige ist, läßt sich in diesen Versuchen nicht erkennen; denn tatsächlich nimmt er sich nicht Zeit für eine solche Bemühung, sondern zieht einfach drauf los und ergreift jedenfalls nur zweimal sofort den richtigen Faden. Die Fehler, die er macht, sind wohl kaum zufällig: in fünf Versuchen zieht er viermal an dem Faden zuerst, der vom Gitter in kürzester Bahn auf das Ziel zuläuft.

Vielleicht besteht noch eine Tendenz, rechtsliegende Fäden zu bevorzugen; das wäre rein motorisch zu erklären: denn Sultan setzt sich stets dem Ziel gerade gegenüber ans Gitter und greift wie bei allen Anlässen, die auch nur ein Minimum von Geschicklichkeit erfordern, mit der rechten Hand.

Läuft schließlich nur ein Faden in die Nähe des Zieles, ohne mit diesem verbunden zu sein, so kommt alles auf die nähere Bestimmung der »Nähe« an. Sultan in einem solchen Versuch (Entfernung des Zieles vom Gitter 3 m, Abstand des Seilendes vom Ziel etwa 15 cm) zog nach einem Blick in die Zielgegend zunächst nicht, einige Sekunden später doch noch, aber vollkommen auf das Seil gerichtet, ohne das Ziel im mindesten zu beachten, und begann mit dem halb hineingezogenen Seil zu spielen, immer unbekümmert um das Ziel draußen; eine Probe zeigte, daß er bei bestem Appetit war. — Bei 1 m Zielentfernung und nur etwa 2 cm Abstand Seilende–Ziel zog er dagegen, deutlich im Hinblick auf das Ziel, wenn schon in zaudernder Art. — Eine größere Anzahl solcher Beobachtungen macht den Schimpansen natürlich argwöhnisch; im ganzen konnte ich feststellen: Bei sehr kleinem Abstand Seilende–Ziel (viel kommt auf die Klarheit des Grundes an) wird der Schimpanse nach flüchtigem Hinblicken meist am Seile ziehen; immer wird er es tun, wenn Seil und Ziel einander optisch berühren; ob die »Befestigungsart« in unserm praktischen Sinn der Verknüpfung für den Schimpansen in solchen Versuchen irgend mehr gegeben ist als durch optischen Kontakt höheren oder niederen Grades, erscheint als fraglich. Bei sehr großem Abstand von Faden und Ziel wird der Schimpanse

gewöhnlich nicht ziehen, er müßte denn für das Seil als solches interessiert sein oder es haben wollen, um es dann in anderer Weise als Werkzeug zu gebrauchen; bei mittleren Abständen von einigen Zentimetern aufwärts, wenn das Seil noch in eine Art »Hof« des Zieles hineinreicht, in welchem es (auch dem Menschen) sogleich als »in die Gegend des Zieles laufend« auffällt, wird alles von der Aufmerksamkeit des Tieres und seinem Hunger abhängen; in äußerstem Hunger wird der Schimpanse das Seil noch ziehen, und zwar »im Hinblick auf das Ziel«, selbst wenn er sieht und sehen muß, daß kein Kontakt besteht; er tut damit ganz Ähnliches wie nach einer geläufigen Wendung der Mensch, wenn er in Gefahr des Ertrinkens nach einem Strohhalm greift; die Bewegungen des Tieres in solchen Fällen, die uns noch öfters begegnen werden, sind matt und geben ein Bild völliger Mutlosigkeit[1].

II.

Das Ziel ist in keiner Weise mit dem Raume des Tieres verbunden; die Situation enthält als einziges Hilfsmittel einen Stab, mit dem das Ziel herangezogen werden könnte.

Von den sieben Schimpansen, die der Station seit Anfang angehören, fand ich Sultan schon recht geübt in solcher Verwendung von Stöcken, und an Rana war wohl die gleiche Leistung schon beobachtet worden; wie sie bei mehreren andern zuerst auftrat, wird in dem nächsten Teil dieser Prüfungen berichtet. In den Zusammenhang der hier zunächst behandelten Versuchsart gehören drei Fälle, die von Tschego, Nueva und Koko.

Das große Weibchen, über dessen Kameruner Vorleben natürlich nichts bekannt ist, war bis zur Zeit des Versuches (26. 2. 14) fast stets von den andern isoliert gehalten worden (seit $1^1/_2$ Jahren), und zwar in Räumen, die ihm selten Gelegenheit boten, mit beweglichen Gegenständen außer Stroh und Decke umzugehen; dagegen konnte es dem Treiben der kleinen Tiere nach Belieben zuschauen. — Tschego wird aus ihrem Zimmer in den vergitterten Raum gelassen, der ihr tagsüber als Aufenthaltsort dient; draußen

[1] Seilversuche hat Hobhouse (Mind in Evolution, London 1901, S. 155 ff.) an mehreren Tierformen angestellt, und auch sonst sind sie wohl gemacht worden. Auf das Werk des genannten Autors sei hier ganz allgemein verwiesen; noch einige der im folgenden beschriebenen Versuche finden sich auch bei ihm. — Im übrigen kann ich in dieser Schrift nicht viel zitieren, weil es mir unmöglich ist, die Literatur zu beschaffen.

außer Reichweite ihrer sehr langen Arme liegt das Ziel, drinnen in der Nähe des Gitters und etwas seitlich mehrere Stöcke. Sie versucht zunächst vergeblich, mit der Hand die Früchte zu erreichen, legt sich dann weiter rückwärts nieder, macht nach einer Weile einen neuen Versuch, gibt es wieder auf usw., während mehr als einer halben Stunde; schließlich bleibt sie dauernd liegen, ohne sich weiter um das Ziel zu kümmern; die Stöcke, die unmittelbar neben ihr doch auffallen könnten, sind wie nicht für sie vorhanden. Jetzt aber beginnen die jüngeren Tiere, die draußen umherlaufen, sich für das Ziel zu interessieren und nähern sich vorsichtig immer mehr; mit einem Male springt Tschego auf, ergreift einen der Stöcke und kratzt, nicht ungeschickt, das Ziel (Bananen) damit heran, bis sie in Reichweite der Hand kommen. Dabei setzt sie sofort den Stock richtig hinter dem Ziel auf; sie braucht zuerst den linken, dann auch den rechten Arm und wechselt häufig zwischen beiden; der Stock wird nicht immer gehalten, wie ein Mensch es tun würde, sondern mehrfach so, wie sie auch ihr Futter zu halten liebt, nämlich zwischen dritten und vierten Finger geklemmt, während der Daumen seitlich dagegendrückt.

Nueva wurde 3 Tage nach ihrer Ankunft geprüft (11. 3. 14). Sie war noch nicht mit den andern Tieren zusammengekommen, sondern saß isoliert in einem Käfig. Ein Stöckchen wird ihr in den Käfig gegeben, sie kratzt mit ihm ein wenig auf dem Boden, schiebt so Bananenschalen auf einen Haufen und läßt dann den Stock achtlos fallen, vielleicht $^3/_4$ m vom Gitter entfernt. 10 Minuten später werden Früchte draußen außer Reichweite auf den Boden gelegt; das Tier greift vergeblich danach und beginnt alsbald zu klagen in der charakteristischen Art der Schimpansen: Es schiebt beide Lippen, besonders aber die untere, um einige Zentimeter vor, stößt, während es mit bittenden Augen den Beobachter ansieht und die Hand nach ihm ausstreckt, weinerliche Töne[1] aus und wirft sich schließlich verzweifelt auf den Rücken, ein sehr ausdrucksvolles Verhalten, das man in Fällen großen Kummers auch sonst sieht. So vergeht zwischen Bitten und Klagen eine Weile, bis — etwa 7 Minuten nach dem Niederlegen des Zieles — das Tier bei einem Blick in Richtung des Stockes verstummt, diesen ergreift, hinausführt und etwas ungeschickt, aber doch erfolgreich, mit ihm das Ziel heranzieht. Dabei wird der Stock, der hier wie später meist in der linken

[1] Der Schimpanse weint bekanntlich niemals Tränen.

Hand liegt, sofort hinter dem Ziel zur Erde gesetzt. — Bei Wiederholung des Versuches nach 1 Stunde vergeht viel kürzere Zeit, bis das Tier zum Stocke greift, auch braucht es ihn jetzt schon geschickter; beim dritten Mal wird der Stock sofort benutzt und so von nun an immer; die Geschicklichkeit erreicht dabei ihr Maximum schon nach wenigen Wiederholungen.

Koko wird am zweiten Tage nach seiner Ankunft (10. 7. 14) wie gewöhnlich mit Halsband und Kette im Umkreis eines Baumes festgehalten. Ein leichtes Stöckchen, das heimlich in den Kreis hineingeschoben ist, beachtet er erst gar nicht, etwas später knabbert er einen Augenblick daran; 1 Stunde danach wird das Ziel außerhalb des Kreises und außer Reichweite niedergelegt. Nach einigen vergeblichen Versuchen, es doch mit der Hand zu fassen, nimmt Koko plötzlich den Stock, der etwa 1 m rückwärts liegt, sieht nach dem Ziele hin — und läßt ihn wieder fallen; er greift mit dem Fuße, der wegen des Halsbandes weiter reicht als die Hand, angestrengt in Richtung des Zieles und gibt auch das wieder auf; plötzlich nimmt er wieder den Stock her und zieht diesmal, freilich recht ungeschickt, das Ziel damit heran. — Bei Wiederholung des Versuchs fällt die Ungeschicklichkeit des Tieres womöglich noch stärker auf; nicht selten stößt es von der falschen Seite an das Ziel (Banane), so daß dieses einmal weit fortgeschoben wird; in diesem Falle und so öfter nimmt Koko den Stock mit dem Fuße und arbeitet auf diese Weise weiter; als er immer noch nicht ankommt, holt er mit einem Male einen grünen Stengel, mit dem er vor dem Versuche gespielt hat, erreicht aber damit erst recht nichts, weil der Stengel noch kürzer ist als der Stock. — Koko führt von vornherein den Stock mit der rechten Hand, und nur für Momente, wenn sein schwacher Arm sichtlich ermüdet ist, muß die linke Hand aushelfen; aber dann schwankt der Stab ganz unsicher auch ohne Ermüdung und wird gleich wieder in die Rechte genommen.

Ganz allgemein gilt, daß ein Schimpanse, der einmal in solcher Situation den Stock zu verwenden begonnen hat, nicht ratlos wird, wenn gerade kein Stock vorhanden ist oder ein vorhandener der Aufmerksamkeit entgeht.

Nueva wird (13. 3.) 2 Tage später vor dem Versuche der Stock entzogen, mit dem sie inzwischen gern gespielt hatte. Als das Ziel draußen eben niedergelegt ist, versucht sie schon, es mit Lappen, die in ihrem Käfig liegen, mit Strohhalmen und schließlich mit einer blechernen Wasser-

schale, die vor dem Gitter steht, heranzuziehen oder (mit den Lappen) heranzuschlagen, bisweilen mit Erfolg.

Am Tage nach Tschegos erstem Versuche liegen die Stöcke etwa $1^1/_2$ m vom Gitter entfernt weiter im Innern des Käfigs. Als das Tier in den Raum gelassen wird, reckt es zunächst wieder vergeblich den Arm durch das Gitter hinaus; wie aber die kleinen Tiere sich dem Ziele nähern, ergreift Tschego schnell einige Strohhalme und angelt ohne Erfolg damit (vgl. die Abbildung Taf. I); erst nach geraumer Zeit, als die Kleinen bedrohlich nahe kommen, werden ganz plötzlich die Stöcke in die Situation einbezogen und mit einem von ihnen das Ziel herangeholt.

Für den nächsten Versuch (am gleichen Tag um mehrere Stunden später) werden die Stöcke noch weiter vom Gitter (und damit von dem draußenliegenden Ziel) fort und an die entgegengesetzte Käfigwand (Abstand vom Gitter 4 m) gelegt. Sie werden nicht benutzt. Nach vergeblichen Versuchen, mit dem Arm anzukommen, springt Tschego auf, geht schnell in ihren Schlafraum, der mit dem Versuchskäfig durch eine kleine offenstehende Tür verbunden ist, und kehrt sofort mit ihrer Decke wieder; sie zwängt das Tuch durchs Gitter, schlägt mit ihm auf die Früchte und peitscht sie so heran; als eine Banane dabei auf den Zipfel des Tuches gerät, ändert sich das Verfahren sofort, und mit großer Vorsicht wird die Decke mit der Frucht darauf herangezogen. Indessen ist die Deckenverwendung mühselig genug; ein neues Ziel will sich gar nicht so erreichen lassen. Tschego sieht sich ratlos um, blickt dabei auch mehrfach in die Richtung der Stöcke, zeigt aber nicht das geringste Interesse an ihnen; jetzt wird ein anderer Stock schräg dem Ziel gegenüber durch die Gitterstäbe hineingeschoben; Tschego gebraucht ihn sofort.

Koko, der außer dem Stock schon den Krautstengel hatte verwenden wollen, ließ 3 Tage später (13. 7.) in der gleichen Situation den Stock, der etwas abseits vom Ziel und sehr an der Peripherie des erwähnten Kreises lag, zunächst unbeachtet; erst nach einiger Zeit holte er mit einem Fuße den Stock und dann mit diesem, immer noch ungeschickt, das Ziel heran. Bei Wiederholung des Versuchs brachte er seine Decke mit, schleppte sie dicht vor das Ziel, legte sie aber nach kurzem Zaudern nieder und griff wieder zum Stock. Einen Tag später, als kein Stock in der Nähe ist, wiederholt sich der Vorgang mit der Decke ganz genau, dann sucht er mit einem Steine das Ziel heranzuziehen. Noch einige Tage weiter benutzt

er ein großes festes Stück Pappe, einen Rosenzweig, die Krempe eines alten Strohhutes, ein Stück Draht. Alles, was beweglich und womöglich langgestreckt aussieht, wird in der Situation zum »Stock« in der rein funktionellen Bedeutung von »Greifwerkzeug«, ja man kann sagen, daß der mobile Teil des Feldes eine Tendenz zeigt, in Kokos Händen nach der kritischen Stelle zu wandern.

Nebenbei eine Selbstbeobachtung: Noch ehe das Tier auf Verwendung von Stöcken oder ähnlichem verfallen ist, wird dergleichen natürlich vom Zuschauer erwartet; sieht man nun den Affen eifrig, aber ohne Erfolg bemüht, die Distanz zum Ziel zu überwinden, so geht infolge der Spannung ein Wechsel im Gesichtsfeld vor sich; längliche und bewegliche Gegenstände sieht man nicht mehr indifferent und streng statisch an ihrem Orte, sondern wie mit einem »Vektor«, wie unter einem Druck nach der kritischen Stelle hin.

Wie zu erwarten, sind Variationen des Zieles oder seiner Lage im allgemeinen ohne Einfluß, nachdem einmal der Stockgebrauch aufgekommen ist. An einem heißen Tage sucht Koko sogar einen Eimer voll Wasser, der in der Nähe seines Kreises stehen geblieben ist, mit einem Stock in jeder Hand heranzuziehen — natürlich ohne Erfolg. Als das Ziel außer Reichhöhe an einer glatten Hauswand angebracht wird, nimmt er einen grünen Stengel, dann einen Stein, einen Stock, einen Strohhalm, sein Trinkgeschirr und endlich einen gestohlenen Schuh und langt damit hinauf; ist gar nichts anderes vorhanden, so nimmt er auch eine Schleife des Seiles, an dem er angebunden ist, und schlägt mit ihr nach dem Ziele.

Wenn Tiere, bei denen praktisches Verhalten gegenüber einer bestimmten Situation entstanden ist, in einer nur ähnlichen Lage das gleiche Verfahren vorbringen, so wird, häufig wohl mit Recht, die Annahme gemacht, daß in der unklaren Wahrnehmung des Tieres die neue Situation von der alten überhaupt nicht verschieden und also das gleiche Verhalten in beiden ohne weiteres verständlich sei. Es wäre ganz verfehlt, wollte man eine solche Erklärung heranziehen, wenn der Schimpanse den Stock durch andere Dinge ersetzt: die Optik des Schimpansen ist, wie man in Versuchen und sonst leicht feststellen kann, viel zu hoch entwickelt, als daß er eine Handvoll Strohhalme, eine Hutkrempe, einen Stein, einen Schuh usw. mit dem zuerst verwandten Stock einfach optisch »verwechseln« könnte. Sagt man dagegen, der Stock im Gesichtsfeld habe einen bestimmten Funk-

tionswert für gewisse Situationen gewonnen, und nun dringe von selbst diese Wirkung in alle andern Gegenstände ein, die mit dem Stock (objektiv) gewisse allgemeinste Eigenschaften der Form und der Konsistenz gemein haben, sie mögen sonst aussehen wie sie wollen, so trifft man damit recht genau die einzige Anschauung, die sich mit dem beobachteten Verhalten der Tiere deckt. Hutkrempe und Schuh sind für den Schimpansen gewiß nicht immer optisch Stöcke (und etwa deshalb auch im Versuch zu verwechseln), sondern nur in gewissen Situationen treten sie »als Stöcke« im funktionellen Sinn auf, nachdem ein nach Form- und Konsistenztypus einigermaßen verwandtes Ding, z. B. ein Stab, die Stockfunktion einmal angenommen hat. Wie der Bericht über Kokos Verhalten zeigt, bleibt bei dem Kleinen kaum eben eine Einschränkung hinsichtlich des Typus, und fast jedes »bewegliche Ding« wird in geeigneter Situation ein »Stock«.

Ein anderes Moment scheint viel wesentlicher als äußere Unterschiede wie die zwischen Stock, Hutkrempe, Schuh; das ist bei Tschego wie Koko — Nueva wurde aus äußeren Gründen in dieser Hinsicht nicht geprüft — die Lage der als Werkzeug in Betracht kommenden Gegenstände zu Tier und Ziel. Bei beiden Tieren verlieren selbst Stäbe, die sie bereits mehrfach verwendet haben, ihren funktionellen oder Werkzeug-Charakter allein dadurch, daß man sie von der kritischen Stelle entfernt. Genauer: Sorgt man dafür, daß beim Blick in die kritische Region und bei beschränkten Blickwendungen um diese Zone herum der Stab nicht sichtbar wird, und umgekehrt ein Blick in Richtung des Stabes die ganze Zielregion aus dem Gesichtsfeld verschwinden macht, so wird dadurch im allgemeinen die Verwendung des Werkzeugs verhindert oder wenigstens ganz auffallend verzögert, auch wenn es sonst schon wiederholt benutzt wurde. Ich habe Tschego (vgl. oben) schließlich mit allen Mitteln auf die Stäbe im Hintergrunde ihres Käfigs hingewiesen, und sie blickte auch genau nach ihnen hin; aber dabei konnte sie die Zielregion hinter sich nicht sehen, und so blieben die Stöcke gleichgültig. Selbst als wir es eines Morgens dahin brachten, daß sie einen der Stöcke ergriff und benutzte, wußte sie sich am Nachmittag, als die Stöcke genau an der gleichen Stelle lagen, wieder nicht zu helfen, obwohl sie beim Herumgehen geradezu auf die Stöcke trat und wiederholt genau in ihre Richtung blickte. Zu derselben Zeit werden Stäbe und verschiedene Ersatzmittel, die sie in der Nähe

der Zielregion sieht, ohne das mindeste Zögern benutzt, und das Tier frißt, was es erreichen kann, mit dem größten Appetit[1].

Mit Koko haben wir mehrfach einen ähnlichen Versuch mit gleichem Ergebnis gemacht: Er strengt sich vergeblich an, das Ziel zu ergreifen; ein Stock wird leise hinter seinem Rücken niedergelegt, aber das Tier kann, wenn es sich umdreht, direkt auf den Stock blicken, kann über den Stock hinlaufen — es sieht ihn nicht als Werkzeug; nähert man heimlich den Stock, so bleiben schließlich, wenn schon eine geringe Blickwendung oder Kopfdrehung von der Zielgegend zum Stock führt, die Augen des Tieres plötzlich an diesem hängen, und er wird wieder verwendet[2]. Es kommt dabei nicht allein auf den Abstand des Stockes vom Ziel an; sitzt Koko mitten in seinem Kreis — das Ziel wird außerhalb niedergelegt, und zwischen Tier und Ziel liegt nahe der Kreismitte ein Stab —, so nimmt das Tier diesen im allgemeinen zum Ziel mit und natürlicherweise: denn dem Blick nach dem Ziel kann der Stock in diesem Fall kaum entgehen, und es besteht große Wahrscheinlichkeit, daß sie »zusammengesehen« werden, wie das der Sache förderlich zu sein scheint.

Natürlich handelt es sich hier nicht um ein absolutes Gesetz; es kommt auch einmal vor, daß bei einem Blick, den das Tier rückwärts wirft, ein brauchbarer Gegenstand, der weit fort nach hinten liegt, auffällt und herangeholt wird. Dergleichen ist ja bei der Fülle mitwirkender Bedingungen von vornherein zu erwarten; als die Regel aber und als solche recht auffällig fand ich das beschriebene Verhalten.

Wenn danach auch das »Werkzeugwerden« eines Stabes in einem gewissen Sinn Funktion der geometrischen Konstellation ist, so gilt das doch nur für den Anfang; später, nachdem das Tier oft in solchen

[1] Die Decke (vgl. oben) liegt im Schlafraum ebensoweit entfernt wie die Stöcke hinter dem Tier, und sie wird doch geholt; aber die offene Tür befindet sich dicht am Gitter seitlich im Vordergrund, so daß Tschego bei einer relativ geringen Blickwendung, die noch das Gitter (Zielregion) im Gesichtsfeld läßt, schon durch die Tür hindurch die Decke sieht: wendet sie dagegen das Gesicht den Stöcken zu, so verschwindet die Zielregion ganz. Übrigens ist die Decke durch täglichen Umgang des Tieres mit ihr sozusagen außer Konkurrenz mit anderen Gegenständen.

[2] Das Tier darf den Stock nicht während der Verschiebung, d. h. in Bewegung, sehen; damit würde eine ganz neue Bedingung eingeführt. Koko entfernte ich ganz oder hielt ihm die Augen zu während der Veränderung; im ersteren Fall wurde er genau so wieder vor das Ziel gesetzt, wie er vorher davor gehockt hatte. Mit so jungen Tieren kann man einfach umgehen, Koko war an dergleichen durchaus gewöhnt.

Situationen gewesen ist, wird es nicht leicht gelingen, durch optische Trennung von Ziel und Stab die Lösung zu verhindern. Daß aber eine Abhängigkeit wie die beschriebene zu Anfang besteht, das »fühlt« man selbst schon, wenn man die Vorbereitung zum Versuche macht: Fragt man sich, wohin der Stock gelegt werden soll, so ist man sofort, ohne recht den Grund angeben zu können, ganz überzeugt, daß die Lösung besonders leicht entstehen wird, wenn der Stock ganz in der Nähe des Zieles liegt und mit diesem optisch leicht »zusammengenommen« werden kann. So geläufig uns das Verfahren geworden ist, so scheinen wir doch noch dunkel zu spüren, welche Bedingungen dabei von Einfluß sind.

III.

Ist das Ziel hoch angebracht an einer Stelle, zu der keine Umwege führen, so kann die Distanz auch überwunden werden durch Erhöhen des Bodens, Einschalten einer Kiste oder anderer Stufen, auf die dann das Tier hinaufsteigt. Stöcke sind vorher zu entfernen, wenn ihre Verwendung schon bekannt ist; eine Möglichkeit, mit alten Lösungen auszukommen, wird meistens das Auftreten von neuen verhindern.

(24. 1. 14.) Die sechs jungen Tiere des Stationsstammes werden in einem Raum mit glatten Wänden eingesperrt, dessen Decke (etwa 2 m hoch) sie nicht erreichen können; eine Holzkiste (50×40×30 cm), einerseits offen, steht etwa in der Mitte des Raumes, flachgestellt, die eine offene Seite vertikal gerichtet; das Ziel wird in einer Ecke (auf dem Boden gemessen $2^1/_2$ m von der Kiste entfernt) ans Dach genagelt. Alle Tiere bemühen sich vergeblich, das Ziel im Sprung vom Boden aus zu erreichen; Sultan gibt das jedoch bald auf, geht unruhig im Raum umher, bleibt plötzlich vor der Kiste stehen, ergreift sie, kantet sie hastig in gerader Linie auf das Ziel zu, steigt aber schon hinauf, als sie noch etwa $^1/_2$ m (horizontal) entfernt ist und reißt, sofort mit aller Kraft springend, das Ziel herunter. Seit Anheften des Zieles sind etwa 5 Minuten vergangen; der Vorgang vom Stehenbleiben vor der Kiste bis zum ersten Biß in die Frucht hat nur wenige Sekunden gedauert, er ist von jener Unstetigkeit (Stutzen) an ein einziger glatter Verlauf. Vor jenem Augenblick hat sich keins der Tiere um die Kiste gekümmert, sie waren alle zu sehr mit dem Ziel beschäftigt; keines von ihnen hat auch den mindesten Anteil am Kistentransport — außer Sultan, der ihn eben in wenigen Augenblicken

allein besorgt. Der Beobachter sah in diesem Versuch von außen durchs Gitter zu[1].

An der Leistung des Tieres finden sich ungeschickte Züge: Es hätte die Kiste bis ganz unter das Ziel schieben können; beim letzten Kippen vor dem Sprung gerät die offene Seite der Kiste nach oben, Sultan korrigiert das nicht, sondern tritt auf die Brettkanten und springt so natürlich unbequemer; er hat die Kiste nicht »hochkant« (längste Seite vertikal) gestellt, wodurch ebenfalls unnütze Anstrengung vermieden worden wäre. Freilich ging das Ganze für solche Feinheiten etwas zu schnell vor sich.

Am folgenden Tage wird der Versuch wiederholt, die Kiste ist jedoch so weit vom Ziel entfernt aufgestellt, wie der Raum es erlaubt (5 m). Sultan ergreift sie trotzdem, sobald er die Situation vor sich hat, zieht sie bis nahezu ganz unter das Ziel und springt. Diesmal ist eine geschlossene Wand oben.

Wie bei den übrigen fünf Tieren dieser Gruppe und bei Tschego die Kistenverwertung aufkam, wird in anderem Zusammenhang berichtet; Nueva ging ein, ehe der Versuch mit ihr gemacht werden konnte. Koko wurde geprüft und verhielt sich recht merkwürdig dabei:

Am dritten Tage seines Stationslebens (11. 7.) erhält er eine kleine Holzkiste zum Spielen (Größe 40×30×30 cm); er stößt sie ein wenig hin und her, einen Augenblick sitzt er darauf; als man ihn allein läßt, wird er sehr böse und stößt dabei die Kiste heftig zur Seite. Nach einer Stunde wird das Tier an einen andern Platz gebracht, und zwar in die folgende Situation: Seine Leine wird an einer Hauswand befestigt; seitwärts, etwa 1 m hoch, hängt das Ziel an der Wand; 3 bis 4 m vom Ziel und 2 m senkrecht von der Wand entfernt ist, während das Tier an den neuen Platz gebracht wurde, auch die Kiste niedergesetzt worden; die Länge des Seiles erlaubt dem Tier, sich bequem im ganzen Raum um Ziel und Kiste zu bewegen. Der Beobachter zieht sich besonders weit zurück (nach der Seite der Kiste, über 6 m von ihr fort) und nähert sich nur einmal, um das Ziel zu verschönern. Koko kümmert sich um ihn während des ganzen Ver-

[1] Bis auf einige genau zu beschreibende Fälle ist der Beobachter für die Tiere nur dasjenige Wesen, welches die bequemsten Methoden (Umwege im gewöhnlichen Wortsinn) fortwährend verbietet. Er kann deshalb zugegen sein: die Schimpansen kümmern sich in der Regel nicht viel um ihn. Daß er sich vollkommen neutral verhält, soweit Hilfen nicht auch hier erwähnt werden, versteht sich von selbst.

suches nicht. Er springt zuerst mehrmals unter dem Ziel in die Höhe, versucht dann mit einer Schlinge seines Seiles, die er in die Hand nimmt, das Ziel zu erreichen, kommt nicht an und dreht sich nach einer Reihe solcher Bemühungen, die alle nichts mit der Kiste zu tun haben, von der Wand fort; so scheint er bisweilen die Sache aufzugeben, kommt aber schließlich doch immer wieder. Nach einiger Zeit — er ist gerade wieder von der Wand fort — tritt er an die Kiste heran, blickt zum Ziel hinüber und gibt der Kiste einen kurzen Stoß, ohne sie dabei vom Fleck zu bewegen; seine Bewegungen sind viel langsamer geworden als zuvor; er läßt die Kiste stehen, macht ein paar Schritte von ihr fort, kehrt aber sogleich wieder und stößt sie nochmals an, wieder nach einem Blick zum Ziel, aber wieder ganz schwach, und nicht, als ob er die Kiste eben wirklich transportieren wollte; abermals geht er fort, kommt sogleich wieder und gibt ihr den dritten Stoß in derselben Art, um danach von neuem langsam umherzugehen; die Kiste ist jetzt im ganzen um etwa 10 cm verschoben, und zwar auf das Ziel zu. Dieses wird um ein Stück Apfelsine — darüber geht nichts — verbessert, und wenige Augenblicke danach steht Koko wieder an der Kiste, packt sie plötzlich, zerrt sie in einem Zuge und in gerader Linie bis fast genau unter das Ziel (mindestens 3 m weit), steigt sofort hinauf und reißt das Ziel von der Wand. Seit Beginn des Versuches ist eine knappe Viertelstunde vergangen. — Daß der Beobachter auch in dem Augenblick die Kiste und das Tier völlig sich selbst überläßt, wo er die Zielverschönerung vornimmt, versteht sich von selbst. Die Vermehrung oder Verbesserung des Zieles während des Versuchs ist ein Mittel, das man immer wieder mit Erfolg anwendet, wenn ein Tier sichtlich der Lösung ganz nahe ist, aber die Gefahr besteht, daß bei längerer Versuchsdauer Ermüdung alles verdirbt. Man darf übrigens nicht meinen, bevor die Apfelsine hinzukommt, sei das Tier nur zu träge, um die Lösung zu vollziehen; Koko zeigt vielmehr schon vorher lebhaftes Interesse am Ziel, dagegen im Anfang gar keines für die Kiste, und wie er diese nachher mehrmals anstößt, sieht er nicht träge aus, eher unsicher; es gibt nur ein (vulgäres) Wort, das wirklich gut zu seinem Verhalten in dieser Periode paßt: »Bei ihm dämmerts«.

Daß das Tier nicht etwa aus bloßer Trägheit zunächst unterlassen hat, ein Verfahren, das ihm an sich geläufig wäre, gleich anzuwenden, geht übrigens auch aus dem Folgenden mit aller Bestimmtheit hervor:

Der Versuch wird nur wenige Minuten später wiederholt; dabei ist das neue Ziel an der gleichen Hauswand angebracht, aber auf der andern Seite von dem Punkt, wo Kokos Seil an der Mauer endet, und über 3 m von dem alten Zielpunkt entfernt; die Kiste bleibt genau an der Stelle stehen, d. h. eben unter dem alten Zielpunkt, wohin Koko sie im ersten Versuch geschleppt hat. — Er springt vergeblich unter dem neuen Ziel genau wie vorher unter dem ersten, anscheinend aber ist das Interesse nicht mehr ganz so groß; die Kiste wird zunächst nicht beachtet. Nach einer Weile geht er ganz plötzlich auf sie zu, ergreift sie, zerrt sie den größeren Teil des Weges auf das neue Ziel zu, $^3/_4$ m davor aber hält er bei einem Blick in der Zielrichtung inne und bleibt einige Sekunden wie ratlos stehen. Von hier an beginnt eine wahre Leidensgeschichte Kokos — und der Kiste. Er regt sich wieder, aber nur, um den größten Ärger zu bekunden, indem er mit wütenden Gebärden die Kiste hin und her stößt; dem Ziel nähert er sie dabei nicht, und nach einiger Zeit des Wartens wird der Versuch abgebrochen, damit die Kiste nicht doch im Herumpoltern unversehens unter das Ziel gerät und eine Zufallslösung eintritt.

Tags darauf bleibt in ähnlicher Situation die Kiste fast unbeachtet, obwohl sich Koko sehr um das Ziel bemüht und die verschiedensten andern Mittel ausprobiert, darunter den schon erwähnten Schuh als Stock. Gelegentlich faßt er die Kiste an, aber es wird nicht klar, ob das mit dem Ziel zu tun hat. — Zwei Tage später wird die Umgebung gewechselt, das Ziel an einer andern Wand angebracht, die Kiste 4 m davon aufgestellt; das Tier benutzt alles mögliche als Stockersatz, kommt aber nicht an; nach einem solchen vergeblichen Versuch fällt sein Blick, als er sich umdreht, auf die Kiste, er sieht sie fest an, so daß der Zuschauer meint, das Tier werde sie sogleich heranholen, aber Koko blickt wieder fort und produziert einen neuen Lösungsversuch, der später beschrieben wird. Als er auch damit kein Glück hat, setzt er sich erschöpft auf die Kiste und beginnt nach einer Weile, auf ihr spielend herumzuhopsen. — Daß die Lösung ganz verlorengegangen ist, zeigt sich beim nächsten Versuch, wieder zwei Tage später (16. 7.), noch deutlicher: Etwa 5 m vom Ziel entfernt stehen zwei Kisten; Koko sieht bisweilen in verdächtiger Weise nach ihnen hin, holt sie aber nicht heran, sondern hält sich an andere Methoden. Schließlich stellen wir eine der Kisten, während dem Tier die Augen zugehalten werden, so nahe an die Wand, daß es, wie es dann sofort durch

die Tat beweist, auf der Kiste stehend die Wand dicht unter dem Ziel mit der Hand berühren kann; die Kiste braucht also nur ein wenig näher-geschoben zu werden, so ist das Ziel erreicht. Koko reckt sich, auf ihr stehend, so sehr er kann, aber die kleine Verschiebung nimmt er nicht vor. — Am andern Morgen darf er eine Weile mit der Kiste spielen; dabei kommt vor: Kiste umwerfen, auf der Kiste hopsen, in der einerseits offenen Kiste sitzen. — Fünf Tage später (21. 7.) beim nächsten Versuch verwendet das Tier als Stockersatz, was es nur auftreiben kann, die Kiste wird dazwischen häufig in auffallender Weise fixiert; schließlich geht Koko auf sie los und beginnt sie in der gröbsten Art zu mißhandeln; außer sich vor Zorn schleudert er sie hin und her und bearbeitet sie auch noch mit den Füßen; solche Ausschreitungen, an den Versuchstagen vorher seltener und als Ausdruck allgemeiner Mißstimmung gedeutet, konzentrieren sich jetzt ganz und gar auf die Kiste: immer wieder bleibt Kokos Blick, wenn er sich vom Ziel abwendet, an der Kiste haften, er starrt sie an und gleich darauf fällt er auch schon wütend über sie her.

Nach einer Pause von 9 Tagen (30. 7.) wird der Versuch wiederaufgenommen; Koko durfte in der Zwischenzeit die Kiste nicht sehen. — Das Ziel hängt wie früher an der Wand, die Kiste steht 2 m entfernt dem Ziel schräg gegenüber. Das Tier reckt sich eine Weile vergeblich, kommt aber nicht an; es dreht sich um, seine Augen fallen auf die Kiste, fixieren sie einen Moment; es geht auf die Kiste zu, faßt sie an, einen Augenblick sieht es genau so aus, als würde es sie sofort wieder prügeln; statt dessen schleppt es sie eilig unter das Ziel, besteigt sie und reißt das Ziel herab. — Der Ort dieses Versuches ist verschieden von dem des ersten Gelingens; zwischen diesem und der neuen Lösung sind 19 Tage verstrichen, in deren erster Hälfte von der Lösung nicht mehr nachzuweisen war, als etwa ein Äquivalent des Satzes: »Mit der Kiste ist es etwas«.

Die Lösung ging danach nicht wieder verloren; zwar kam es in zwei Wiederholungen des Versuchs gleich nach dem geschilderten Verlauf beidemal zunächst noch zu vergeblichem Recken und Springen unter dem Ziel; aber dann wurde doch bald die Kiste geholt. Das zweitemal hatte Koko sie in der Eile nicht genügend nah gestellt und kam deshalb nicht an, als er oben stand; sofort stieg er herab und rückte die Kiste ganz heran. Ein Einfluß der Entfernung Ziel–Kiste ließ sich nicht nachweisen, die Kiste wurde über 6 m wie über 2 m transportiert. — Am folgenden Tage ver-

anlaßten einige weitere Wiederholungen Koko dazu, sich der Kiste zuzuwenden und sie zu ergreifen, sobald jemand mit Futter sichtbar wurde; nicht selten trieb er auch noch schnell einen Stock auf und nahm diesen mit; entweder warf er ihn dann beim Besteigen der Kiste fort oder er streifte das Ziel obenstehend mit ihm vom Nagel. Solche Methodenhäufung kommt, bisweilen in der Form guter und allein zum Ziel führender Lösungen, auch bei andern Schimpansen vielfach vor.

Es schien mir angebracht, diesen Versuchsbericht sehr ausführlich vorzulegen, weil das Verhalten des Tieres, vielleicht infolge seiner Jugend, so merkwürdige Züge aufweist und theoretisch so viel interessanter ist als glatte Verläufe. An eine Erklärung der Leistungen ist überhaupt nur zu denken, wenn man sie recht im einzelnen kennengelernt hat. Auch für das Verständnis nur des Schimpansen ist es wohl ebenso wichtig, wie es zugeht, wenn er auf dergleichen kommt, als daß er überhaupt »eine Kiste als Werkzeug benutzt«.

Variationen des Versuches. Am Tage, nachdem Sultan die Kiste zum zweitenmal verwendet hat, wird das Ziel an dem weit höheren Dach eines anderen Raumes angebracht; zwei Kisten stehen etwa 5 m entfernt nahe beieinander auf dem Boden. Sultan, diesmal allein, kümmert sich zunächst nicht um die Kisten, sondern versucht mit einer kurzen, später einer längeren Stange das Ziel herunterzuschlagen; da die schweren Stöcke unsicher in seiner Hand schwanken, wird er bald ungeduldig und wütend, trampelt gegen die Wände und schleudert die Stöcke fort. Danach setzt er sich ermüdet auf einen Tisch, der in der Nähe der Kisten steht, und beginnt, als er sich erholt hat, ruhig um sich zu blicken, indem er langsam seinen Kopf kratzt; sein Blick fällt auf die Kisten und ruht einen Moment auf ihnen, schon klettert er auch vom Tisch herab, ergreift die nähere, zerrt sie unter das Ziel, besteigt sie aber erst, nachdem er seinen Stock aufgenommen hat und schlägt nun mühelos das Ziel herab. Die Kiste wird nicht steilgestellt; infolgedessen ist für den schlechten Springer Sultan der Stock durchaus notwendig.

Noch einen Tag später sind die Stöcke entfernt, Ziel und Kisten haben den gleichen Platz; auch ein leichter Tisch, der im vorigen Versuch nicht beachtet wurde, steht an gleicher Stelle, etwa 3 m vom Ziel entfernt. Es kommt zu vielen vergeblichen Bemühungen: Sultan zieht eine Kiste unter das Ziel, steigt aber nach einem Blick, der deutlich die Distanz mißt[1], nicht

[1] Das ist kein »Anthropomorphismus«: Jeden Tag kann man sehen, daß ein Schimpanse, der in großer Höhe zum Sprung über weite Distanz ansetzt, vorher genau so wie hier mit dem Blick hinüber und herüber fährt; als Baumtier, das mitunter gewaltig springt, muß er ja so schätzen können; es wäre also ganz unangebrachte Ängstlichkeit, wollte man jene Wendung beanstanden.

hinauf — er würde auch nicht ankommen —, sondern schiebt die Kiste unsicher unter dem Ziel hin und her; dabei gerät sie mit einer Ecke auf einen dicken Balken, der etwas seitlich liegt; Sultan schickt sofort einen prüfenden Blick empor: die Distanz ist auch so zu groß, und die Kiste wird im Ärger mißhandelt. — Bald danach wird er auf die andere Kiste aufmerksam, holt sie heran, hantiert aber, anstatt sie einfach daraufzusetzen, wie man als selbstverständlich erwartet, in einer seltsam wirren, für den Zuschauer zunächst ganz verblüffenden Art mit ihr herum, neben der ersten, in der Luft schräg über ihr u. dgl. Aus dieser Verwirrung ergibt sich bald der obligate Wutanfall: er packt die Kiste, die sich nicht hat unterbringen lassen, und rennt, sie immer hinter sich herziehend, im ganzen Raum auf und ab, wobei er die Kiste überall mit möglichster Wucht anprallen läßt. Als er sich ausgetobt hat, produziert er nach einem ruhigen Blick auf die Situation eine wesentliche Verbesserung der Lösung, indem er mit einer kräftigen und sicheren Bewegung die erste Kiste, die noch unter dem Ziel steht, aufhebt und steil hinstellt; leider zeigt ihm ein weiterer Blick, daß er auch so noch nicht ankommen kann, und er steigt nicht hinauf. Dafür wendet er sich jetzt dem Balken zu, an den vorher die Kiste geraten war, und stemmt ihn mit äußerster Anstrengung auf dem Ende, welches dem Ziel nahe kommt, in die Höhe, kann ihn aber mit seinen Kräften nicht soweit aufrichten, daß er das Ziel träfe. Auf diese Weise abermals enttäuscht, sieht er sich noch einmal um und wird endlich auf den Tisch[1] aufmerksam; er packt ihn an einem Bein, zerrt ihn so auf das Ziel zu, wirft ihn aber auf halbem Wege durch zu hastiges Ziehen um. Wäre er glücklich mit dem Tisch angekommen, so hätte er das Ziel erreicht. — Da der Tisch den Kisten nur darin ähnlich sieht, daß er aus ungestrichenem Holz besteht, so handelt es sich entweder um eine ganz neue Lösung oder um einen Fall von Kistenersatz, auf den die Bemerkungen über Stockersatz (vgl. oben) ohne weiteres zu übertragen sind; daß Sultan Kiste und Tisch für gewöhnlich optisch »verwechselte«, ist vollkommen unmöglich.

Unmittelbar nach dem eben beschriebenen wurde der folgende Versuch vorgenommen: Der Tisch ist fortgeschafft und an einer andern Stelle des Raumes, aber wieder etwa 3 m vom Ziel, eine kleine Leiter (1,30 m

[1] Es ist das nicht der Tisch, auf dem er tags zuvor ausgeruht hat (vgl. oben) und der wohl zu schwer und fest in der Ecke steht, als daß er Werkzeug werden könnte.

Länge, 5 Sprossen) niedergelegt[1]; Sultan ergreift sie nach wenigen Sekunden, zieht sie unter das Ziel und bemüht sich sehr, sie aufzurichten; infolge eines ganz wunderlichen Vorgehens hierbei, von dem später die Rede ist, gelingt es ihm erst nach geraumer Zeit, auf der Leiter stehend das Ziel abzureißen.

Nachdem die anderen Tiere sich das Verfahren mit der Kiste ebenfalls zu eigen gemacht hatten, unterschied sich ihr Gebahren dabei von dem Sultans überhaupt nicht; deshalb ist es erlaubt, für alles, was sich weiter aus dieser ursprünglichen Leistung entwickelte, Beobachtungen auch an ihnen heranzuziehen: stark beeinflußt bei der ersten Anwendung des Verfahrens, variierten sie es nachher ganz selbständig, und auch das genau wie Sultan.

Sie alle haben wir Kiste, Leiter, Tisch allmählich durch die verschiedensten Gegenstände ersetzen sehen: Steine, Einsatzgitter von Käfigfenstern, Blechtrommeln, Holzblöcke, Drahtrollen wurden als Schemel oder Leitern — beides geht in der Praxis des Schimpansen fortwährend ineinander über — herangeschleppt und mit Erfolg verwendet. Aber die merkwürdigste Variation blieb folgende, die Sultan unmittelbar nach dem ersten Versuch mit der Leiter einführte, als unter einem neuen Ziel das Aufstellen dieses Werkzeugs durchaus nicht gelingen wollte: Um den recht erschöpften Affen noch einmal zur Arbeit anzuregen, tritt der Beobachter aus dem Hintergrund hervor und nähert sich, indem er auf das Ziel hinweist, diesem vielleicht bis auf Armeslänge, als plötzlich Sultan aufspringt, ihn bei der Hand faßt und mit aller Kraft auf das Ziel hin zu zerren sucht. Da der Eindruck entsteht, als wolle Sultan sich das Ziel geben lassen, wird er abgeschüttelt, und wie er mit der größten Hartnäckigkeit immer wieder Hand und Fuß ergreift und zieht, schließlich sehr schroff abgewiesen. Die Folge sind Wutausbrüche mit Stimmritzenkrampf und Erektion. Als bald darauf der Wärter schräg unter dem Ziel vorbeigeht, kommt Sultan schnell auf ihn zu, ergreift seine Hand, zieht energisch in Richtung des Zieles, an dem der Mann schon vorüber ist, und macht zugleich unverkennbare Anstalten, ihm auf den Rücken zu klettern. Der Wärter entzieht sich ihm und tritt zurück, soweit es der Raum gestattet, aber Sultan läßt nicht von ihm ab und zerrt ihn, der auf Geheiß nur noch scheinbar

[1] Das Ziel am Dach ist einer Wand nahe.

widerstrebt, wieder rückwärts bis unter das Ziel; ihm auf die Schulter steigen und das Ziel herabreißen ist danach Werk eines Augenblickes. — Auf diese bequeme Lösung war das Tier von nun an ganz versessen, und bis es auf sie (im Interesse der Versuche) verzichten lernte, kamen heftige Szenen genug vor, in denen Sultan mitunter dem Ersticken nahe schien.

Die weitere Modifikation, daß ein Tier das andere als Schemel benutzt, brachte der kleine Konsul — sonst kaum zur Beteiligung an einem Versuch zu bewegen — eines Tages spontan auf, als er (das gleiche gilt dann auch für die andern) noch nie gesehen hatte, wie Sultan uns als Leiter verwendete. Allerdings waren die Umstände besonders günstig: Konsul hat die Gewohnheit, hinter einem andern Tier herzugehen, indem er beide Hände auf des Vordermannes Schultern legt und nun die Beine im Gleichschritt mit dem andern Tier vorwärtssetzt; dieses hat im allgemeinen hiergegen nichts einzuwenden; vielmehr kommt es oft genug vor, daß eines der andern Tiere Konsuls Hände auf die eigenen Schultern legt, damit er es so begleite[1]. Während eines Versuchs mit dem Ziel am Dach geht er wieder, diesmal auf Grandes Schultern gestützt, derart im Versuchsraum spazieren; als sie sich nun bei der gemeinsamen Wanderung einmal dem Ziel stark nähern, sucht Konsul in aller Eile auf Grandes Rücken zu steigen; er kommt auch hinauf, aber inzwischen ist Grande, die offensichtlich nicht ahnt, was er vorhat, schon am Ziel vorübergegangen. Ganz derselbe Vorgang wiederholt sich bei erneuter Annäherung des wandernden Paares an das Ziel, und die Wirkung ist, daß gleich darauf Sultan Beobachter und Wärter nacheinander, von uns abgewiesen, erst Tercera, dann Rana unter das Ziel zu zerren versucht, welche jedoch beide mit allen Zeichen der Bestürzung vor ihm Reißaus nehmen; sie verstehen sichtlich nicht, weshalb er fortwährend mit ausgestreckter Hand hinter ihnen herläuft und fürchten Böses. Am Ende gelingt es ihm doch, Rana unter dem Ziel festzuhalten und auf ihren Rücken zu steigen; da sie sich aber voller Angst platt auf den Boden drückt, so muß er mehr-

[1] Tschego hatte Monate hindurch eine starke Neigung zu dem Tierchen; kam sie aus ihrem Raum zu den andern heraus, so war dann die Regel, daß Konsul entweder in der geschilderten Weise auf sie gestützt umherzog oder (später), daß er dem großen Tier auf den Rücken sprang und rittlings sitzend sich von ihm wie von einem Pferde tragen ließ. Ich weiß nicht, ob die Affenmütter vielleicht kleine Kinder häufig so tragen; dann wäre das »Hintereinandergehen« wohl eine Art Überbleibsel hiervon. Außer Konsul habe ich nur Chica (selten) so »hinterhergehen« sehen.

fach springen, bis er endlich das Ziel greift, und jedesmal fällt er mit aller Wucht auf ihren Rücken herab. — Ähnliche Vorgänge ergeben sich von nun an häufiger, und gleich am folgenden Tage will in derselben Situation Konsul auf Grande, Sultan nacheinander auf Rana, Grande und Tercera, endlich Rana anscheinend auf alle zugleich hinaufsteigen; denn unter dem Ziel steht schließlich ein Knäuel von Schimpansen, die einander anpacken und schon ein Bein zum Aufsteigen anheben, von denen aber keiner Schemel sein möchte. — Später im Verlauf desselben Versuches bringe ich das Ziel im Beisein der Tiere an; im Zurücktreten werde ich von hinten gepackt und festgehalten: das ist Grande, die nun schnell an mir in die Höhe klettert und so das Ziel erreicht. Ich bringe ein neues Ziel an und trete so schnell wie möglich zurück, aber Grande kommt aufrecht, mit ausgestreckter Hand, vorgestreckten Lippen und klagenden Lauten hinter mir her, zerrt mich unter das Ziel usw. Sie kannte damals schon die Verwendung von Kisten, und verstand vielleicht deshalb den ähnlichen Funktionswert von Menschen besonders leicht. Ganz wie sie und Sultan haben später Chica und Rana mich, den Wärter oder wen sie sonst erwischen konnten, als Werkzeug benutzt.

Die Kistenverwendung wird ohne weiteres auf etwas abweichende Situationen übertragen. Sultan verfolgt ein anderes Tier, das am Drahtdach entlangflüchtet; als schlechter Turner klettert er nicht hinterdrein, sondern holt eine Kiste, stellt sie unter das verfolgte Tier und springt von ihr aus; die Kiste ist zu niedrig, also bemüht er sich, Grande heranzuziehen usw. Neuerdings, da alle Tiere längst mit Kisten u. dgl. umzugehen wissen, haben sie sich leider angewöhnt, solches Material an Stellen zu bringen, wo das Dachgitter tief herunterhängt und bei geringer Bodenerhöhung erreichbar wird[1].

Das Aufeinanderklettern trat als Intermezzo auf bei einem Versuch, in welchem die Hauptsache, das Werkzeug, nicht optisch aktuell gegeben war, sondern nur durch irgendeine Form von Gedächtniswirkung in die Situation einbezogen werden konnte (15. 2.). Der Raum, in dem das Ziel am Dach hängt, ist durch eine Tür mit dem Korridor verbunden; dieser biegt, nachdem er etwa 8 m gerade verlaufen ist, rechtwinklig um; jenseits der Biegung liegt, vom Raum des Zieles aus also nicht sichtbar,

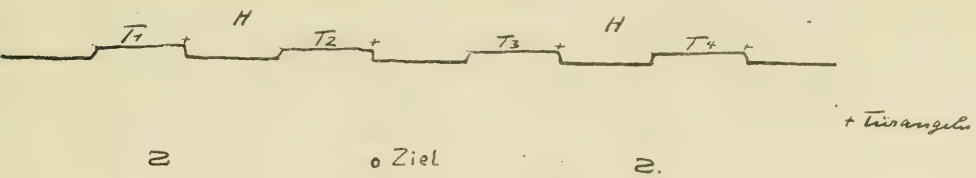
[1] Da der Draht schwach war, so konnte man zu der Zeit, als das Obige geschrieben wurde, die Schimpansen oft im Zustande vollkommener Freiheit beobachten.

die Leiter. Während die Tiere vor dem Versuch im Korridor spielen, können sie, da jene Tür noch geschlossen ist, nun allein die Leiter, aber nicht den Ort des Zieles sehen. Daß wenigstens Sultan sie in der Vorperiode wirklich bemerkt, erweist er dadurch, daß er mit Ausdauer an einem Holmenende herumbeißt. Nachdem die Tür geöffnet ist, übt das Ziel eine solche Anziehungskraft aus, daß keines der Tiere auf dem Korridor bleibt oder dorthin zurückkehrt; ein Lösungsversuch folgt auf den andern, darunter die schon beschriebenen, aber selbst Sultan erinnert sich der Leiter nicht. Er wird schließlich an der Hand genommen, hinaus bis an der Leiter vorbei und wieder zurückgeführt, dabei aber nicht besonders auf diese hingewiesen: Keine Wirkung, Sultan bemüht sich wie vorher, andere Tiere unter das Ziel zu zerren. Gleich darauf entsteht unter diesen eine erbitterte Prügelei, so daß der Beobachter zum Eingreifen gezwungen ist; als er die Ruhe wiederhergestellt hat, zeigt sich, daß Sultan fehlt, zugleich aber wird auf dem Korridor ein Scharren hörbar und der Vermißte kehrt, die Leiter hinter sich her schleppend, gerade wieder zurück. — Da in diesem Fall die Beobachtung gestört, mir insbesondere der wichtigste Augenblick ganz entgangen war, so stellte ich am folgenden Tag eine Kiste an den Platz, den die Leiter gehabt hatte, sorgte wieder dafür, daß Sultan sie vor dem Versuch gesehen haben mußte, und brachte auch das Ziel genau an wie tags zuvor. Ein Lösungsversuch nach dem andern erfolgt, Sultan zieht z. B. eine Eisenstange vor Tschegos Zimmer[1] aus ihrer Befestigung, lehnt sie als Leiter unter dem Ziel an die Wand und klettert daran in die Höhe, — aber alle bleiben in der Nähe des Zieles, und Sultan scheint sich der Kiste nicht zu erinnern. Nach langem Warten nehme ich Sultan an der Hand, führe ihn zur Kiste, an dieser vorbei (ohne Hinweis) und wieder zurück, aber die einzige Wirkung ist zunächst, daß er auf dem Rückweg meine Hand fester umklammert und mich unter das Ziel zu ziehen sucht. Abgewiesen, gibt er sich die größte Mühe, doch noch irgend etwas in der unmittelbaren Umgebung als Werkzeug nutzbar zu machen, und verfällt dabei auf den langen Riegel, der außen an der halb offenstehenden Tür des Raumes festsitzt; er hängt sich von außen an die Tür und zerrt aus Leibeskräften an dem Eisen. Diesmal gelingt die Beobachtung: Sultan

[1] Es ist das erste Zimmer am Korridor, also gleich vor der offenstehenden Tür gelegen.

stellt ganz abrupt und ohne äußeren Anlaß das Herumarbeiten an dem Riegel ein, hängt einen Augenblick unbeweglich, springt dann auf den Boden, galoppiert den Korridor entlang und um die Ecke, und kommt auch schon mit der Kiste zurück. — In dem Augenblick, wo der scharfe Richtungswechsel in seinem Verhalten auftritt, ist durch die Tür das Ziel für ihn verdeckt, was ihn ja auch nicht hindert, den Riegel als Werkzeug losbrechen zu wollen, die Kiste aber steht sogar weit fort hinter der Korridorecke und hinter seinem Rücken. Immerhin ist deutlich, wie sehr die Lösung aufgehalten wird, wenn das Werkzeug nur durch Erinnerungswirkung in die Situation eingehen kann: Sultan hat schon am Tag vorher den gleichen Versuch gemacht; trotzdem wird er nun sogar während des Versuchs und wohl bei kräftiger Einstellung auf das Ziel an dem Werkzeug vorbeigeführt, ohne daß sofort die Lösung eintritt; aber freilich kommt das Tier bei dieser Wanderung (von übrigens wenigen Sekunden) ganz aus der »Zielregion« heraus. Im Anfang des Korridors ist ihm sogar der Türriegel als Werkzeug erschienen, obwohl er auch hier das Ziel nicht unmittelbar sehen kann, aber der Türbereich steht auch noch in unmittelbarem Kontakt mit dem Versuchsraum. Die Schwierigkeit ist deshalb wohl von derselben Art, nur viel größer, als die, welche Tschego und Koko aus gewissen Lagen ihrer Stöcke erwuchs: das beste Werkzeug verliert leicht seinen Situationswert, wenn es nicht simultan oder quasisimultan[1] mit der Zielregion gesehen werden kann.

Im folgenden Versuch ist Aufgabe und Lösung nur äußerlich verschieden, im Prinzip eng verwandt mit den vorausgehenden Fällen. Die Verwendung von Kisten ist inzwischen allen geläufig geworden.



T_1 bis T_4 sind vier unter sich gleiche und gleichmäßig verteilte Türen des Affenhauses H, die sich nach dem Spielplatz S hin öffnen; Z ist das

[1] Diesen Ausdruck brauche ich wohl nicht besonders zu erläutern.

Ziel, welches vom Dachgitter herab, aber so hoch hängt, daß es vom Boden aus nicht zu erreichen ist; der Punkt, von dem es herabhängt, wird so gewählt, daß genau gegenüber in einer Entfernung von etwas über Türflügelbreite die Angeln der Tür T_2 sich befinden; seine Höhe über dem Erdboden kommt etwa der des oberen Türrandes gleich. Am Draht des Daches entlangzuklettern ist den Tieren inzwischen einigermaßen abgewöhnt; wenigstens während der Versuche wagen sie es nicht mehr.

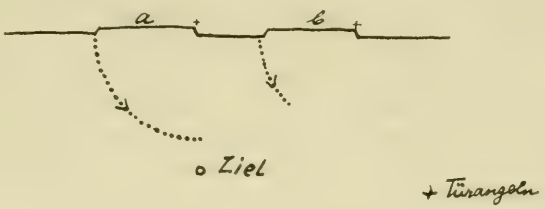
(12. 4.) Die Türen 1, 3 und 4 sind geschlossen, 2 wird in den Rahmen soweit gedrückt, daß das Schloß gerade noch nicht einschnappt, aber schon sehr genaues Hinsehen dazu gehört, einen Unterschied zwischen dieser und den andern Türen wahrzunehmen; dann wird Sultan auf den Platz gebracht. — Nachdem er das Ziel erblickt hat, hebt er ein zufällig daliegendes kleines Stäbchen auf, wirft es jedoch weg, ohne es vorher anzuwenden (es ist viel zu kurz). Gleich danach fällt sein Blick auf die Tür 2, die er nun eine Spanne von mehreren Sekunden hindurch fixiert, ohne sich von der Stelle zu bewegen; schließlich geht er auf sie zu, öffnet sie, immer noch auf dem Boden stehend, und steigt dann hinauf; da er die Tür nicht vollständig bis zum rechten Winkel aufgedreht hat, erreicht er das Ziel noch nicht, steigt also wieder herab, dreht, auf der Erde stehend, vollends auf, und würde das Ziel nun erreichen, wenn nicht sein Gewicht beim Hinaufklettern den Türflügel ein Stück zurückdrehte; also unterbricht er den Aufstieg, stellt sich noch einmal auf den Boden, dreht die Tür von neuem ganz auf und erreicht danach ohne weitere Störung das Ziel. — Die Korrektur im Anfang und das Kompensieren der Störung geschehen mit einer Klarheit, die auch der Mensch nicht übertreffen könnte, — wie sich später zeigen wird, sehr im Gegensatz zu dem Verhalten in gewissen andern Situationen.

Da in diesem Fall die Lösung so schnell gelungen ist, wird derselbe Versuch mit Rana, unzweifelhaft dem wenigstbegabten Stationstier, wiederholt (14. 4.). Sie kommt heran, sieht einen Augenblick zum Ziel hinauf und bleibt gleich darauf mit den weiterwandernden Augen an der Tür haften; dann klettert sie am Balkenwerk von Haus und Tür in die Höhe und stemmt oben den Türflügel von der Wand ab, bis sie das Ziel fassen kann; dabei setzt sie sich auf den breiten Rand des Flügels und drückt die Tür, selbst gewissermaßen mitfahrend, ab, sobald der Türflügel aus dem Rahmen heraus ist.

Die Tür, welche beide richtig verwenden, ist die des Zimmers, in dem Sultan die Nächte zubringt; Rana schläft in dem Raum hinter Tür 1. Beide haben oft genug auf den oberen Türrändern gesessen; Sultan pflegte eine Zeitlang beim Essen auf T_2 zu hocken, die dann völlig aufgedreht und außen an der Wand festgehakt war. Beide haben auch unzweifelhaft schon Gelegenheit gehabt, oben sitzend, die Tür selbst zu drehen; neu ist dagegen die Situation, daß ein Ziel der Türangel gegenüber vom Dach herabhängt. Jene Erfahrungen dürften den Versuch sehr erleichtert haben.

(6. 5.) Alle vier Türen sind in gleicher Weise in ihre Rahmen gedrückt, ohne daß das Schloß einspringt; das Ziel hängt vor T_3 anstatt vor T_2. Rana, die wie im vorigen Versuch allein geprüft wird, ergreift einen Stock, klettert mit diesem etwa dem Ziel gegenüber an der Hauswand in die Höhe, gibt aber, nachdem sie den Stock einmal angehoben hat, diese Methode auf, drückt T_3 aus dem Rahmen und erreicht so das Ziel.

Bei ähnlichen Variationen kommt es übrigens gelegentlich doch vor, daß ein Tier nicht die am besten dienliche Tür öffnet, sondern die nächst benachbarte, nämlich (vgl. Skizze) die Tür *b* anstatt der Tür *a*. Deren Be-



wegung enthält anfangs ebenfalls eine Komponente in Richtung des Zieles, und wirklich wird sie auch nur bis zu dem Punkte geöffnet, von dem an weitere Drehung ihre Außenkante wieder vom Ziel entfernt. Vielleicht wirkt es auf den Schimpansen verführerisch, daß eine so geringe Drehung von *b* diese Tür genau auf das Ziel hinrichtet. Wir werden später (im zweiten Teil dieser Prüfungen) sehen, daß die Drehung der Türfläche und der dabei bestrichene Raum für die Tiere nicht ganz so faßlich sind wie Bewegungen einfacherer Form und der ihnen entsprechende Raum.

Recht klar war Tschegos Verhalten in der gleichen Situation. Das große Tier ist im allgemeinen zu faul und körperlich zu schwerfällig, als daß es allen den Versuchen unterworfen werden könnte, die die Kleinen machen, darf deshalb bei vielen Prüfungen als un-

tauglich ruhig dabei sein und pflegt sich nicht um die Vorgänge zu kümmern; so sieht es die Methode der Türverwendung öfters und hat auch, anscheinend gleichgültig, bei dem eben beschriebenen Versuch Ranas in der Nähe gehockt. Ein neues Ziel wird angebracht, alle Türen sind in ihre Rahmen gelehnt — nicht geschlossen. Nach einer Weile, in der es sich nicht um das Ziel zu kümmern scheint, erhebt sich das Tier langsam, geht auf die richtige Tür zu, öffnet sie bis zum rechten Winkel, so daß sie genau auf das Ziel zugekehrt ist, und steigt mit Anstrengung auf der äußeren Seite empor — es ist das erstemal, daß Tschego auf eine Tür klettert, und sie ist wahrhaftig keine Turnerin. Unter dem stattlichen Gewicht dreht sich die Tür wieder dem Rahmen zu; Tschego unterbricht sofort den Aufstieg, öffnet vom Boden aus abermals bis zum rechten Winkel und klettert von neuem außen in die Höhe; die Tür dreht sich. Wieder kommt Tschego herab, öffnet sorgfältig und steigt diesmal mit großer Mühe am Rande des Türflügels empor; trotzdem erhält die Tür noch einen schwachen Impuls auf den Rahmen zu und fängt an, sich vom Ziel fortzubewegen. Nachdem das Tier abermals die Drehung kompensiert hat, steigt es jetzt, und zwar mit einer ungewohnten Eile, auf der Innenseite des Türflügels hinauf, die Tür bleibt offen und das Ziel wird erreicht. — Es ist nur wahrscheinlich, daß das Verhalten der Kleinen in der gleichen Situation Tschego beeinflußt hat; dagegen ist die Überwindung der Schwierigkeiten ganz ihre Leistung; denn die Tür hat sich zuvor nur in einem Versuch, dem ersten Sultans, wieder zugedreht und damals kam eine Änderung der Aufstiegseite nicht vor.

IV.

Ein etwa $2^1/_2$ m hohes Turngestell trägt am Ende seines Querbalkens ein kräftiges Seil, an dem die Tiere viel herumturnen; 2 m von dem Seil entfernt (und zwar senkrecht zur Ebene des Gestells gemessen) und etwa 2 m über dem Boden hängt vom Dach herab das Ziel.

(27. 2.) Sultan versucht die schwere Leiter, mit deren Hilfe das Ziel aufgehängt wurde und die noch in der Nähe liegt, zu heben oder doch heranzuziehen, bald danach ebenso und auch vergeblich ein schweres Brett; nachdem er sich noch einmal der Leiter zugewandt hat, klettert er auf das Turngestell, erblickt von oben einen zerbrochenen Besen, kommt herab, holt den Besen hinauf und macht Anstalten, mit ihm nach dem Ziel zu schlagen; da er nicht ankommt, geht er mit dem Besen herunter, stellt das klägliche Werkzeug unter dem Ziel auf den Boden — er will es, wie im folgenden Kapitel beschrieben wird, als »Springstock« benutzen —, steht aber sogleich von dem aussichtslosen Beginnen ab. Noch einmal zerrt er an dem schweren Brett und an der Leiter; dann bemüht er sich, den Beobachter als Leiterersatz zu gewinnen und geht, als er abgewiesen wird, wieder an das Turngestell. Er faßt hier das Seil, schwingt sich auf das Ziel zu, benimmt sich aber dabei so unkräftig, als wäre dies Beginnen aussichtslos von vornherein,

klettert alsbald auf den Querbalken und bleibt dort, den Blick auf das Ziel gerichtet, mit einer Haltung und Miene sitzen, die beim Menschen niemand anders denn als »nachdenklich« bezeichnen würde. Da sein Benehmen mit dem Seil den Verdacht erweckt, er getraue sich nur nicht, so kühn auszuschwingen, wie die Ziellage es verlangt — Sultan turnt nicht nur mäßig, er ist auch, milde gesprochen, reichlich vorsichtig —, so wird jetzt das Ziel ein wenig tiefer und näher gehängt. Wenige Sekunden später ergreift Sultan das Seil, nimmt Schwung am Gestell und fährt diesmal mit genügender Entschiedenheit hinaus, so daß er das Ziel herunterreißen kann. — Weder im ersten Teil des Versuches noch beim Umhängen des Zieles oder nachher ist er natürlich im mindesten auf das Seil hingewiesen worden[1].

Sultan wird entfernt, das neue Ziel in die Lage gebracht, in der das alte zuletzt angebracht war, und Chica auf den Platz gelassen (in Begleitung Terceras). Nachdem die beiden ihre Angst, allein zu sein, überwunden haben, beginnen sie sich für das Ziel zu interessieren; nach einem Blick zu ihm hinauf, steigt Chica am Turngestell empor und zieht dabei das Seil mit sich; oben angekommen, schwingt sie es mehrmals nach dem Ziel zu, als wollte sie dieses herunterschlagen, die Entfernung ist aber hierfür zu groß. Sie gibt ihre Bemühung auch bald auf, klettert mit dem Seilende in der Hand ein Stück herunter, nimmt einen gewaltigen Schwung, fliegt hinaus und reißt das Ziel ab.

(7. 3.) Grande und Rana, in dieselbe Situation gebracht, gehen beide gleichzeitig auf das Turngestell zu, ergreifen beide sofort und gleichzeitig das Seil und suchen sich beide gleichzeitig zum Ziel hinzuschwingen; das mißlingt aus physikalischen Gründen, und Rana tritt vor der allgemein gefürchteten Grande zurück. Aber Grande, die noch schlechter turnt als Sultan, bringt es auch ohne störendes Nebengewicht nicht über einen matten Schwung hinaus; Rana nähert sich also wieder und macht, durch Grandes Gegenwart immer noch behindert, zunächst erfolglose Versuche, sich des Seiles sachgemäß zu bedienen. Als sich aber Grande entfernt, löst Rana die Aufgabe in imposanter Schwingung sofort. Sie turnt weit besser als Grande, die ebenso wie Tschego den festen Boden nur ungern und selten verläßt.

[1] Ich kann das weiterhin nicht fortwährend wiederholen: jeder Hinweis, jede Hilfe, die in den Versuchen gegeben wurden, sind im Bericht erwähnt.

V.

In gewisser Hinsicht eine Umkehrung des Werkzeuggebrauchs stellt der Fall dar, daß ein beweglicher Gegenstand den Weg zum Ziel versperrt und die Lösung in seiner Ausschaltung besteht, da wieder ein Umweg im gewöhnlichen Wortsinn nicht möglich ist. Gegenüber den im vorigen beschriebenen Fällen von Werkzeugverwendung erscheint dieses Wegräumen eines Hindernisses dem erwachsenen Menschen als eine ungemein einfache Leistung, und man ist geneigt, schon vor dem Versuch zu sagen: die Aufgabe werden die Schimpansen sofort lösen. Ich habe selbst mit Erstaunen gesehen, daß das nicht recht zutrifft.

Als Hindernis wurde in allen Fällen eine Kiste benutzt, und zwar der einigermaßen schwere Reisekäfig Konsuls, den Tieren wohlbekannt und von Sultan, Grande und Rana sogar schon als Werkzeug benutzt.

(19. 2.) In einem vergitterten Raum steht unmittelbar an die Gitterstäbe herangerückt die Kiste mit der kleinsten Wand nach unten, so daß die Tiere sie sehr wohl umwerfen könnten; außerhalb und genau der Kistenmitte gegenüber liegt das Ziel am Boden; mit einem Stab ist es sofort zu erreichen, wenn die Kiste beiseitegeschafft oder auch nur umgestoßen wird. — Sultan benimmt sich recht unklar; er setzt sich auf die Kiste und versucht vergeblich, von hier aus mit einem Stock das Ziel zu erreichen, bisweilen rüttelt er ein wenig an der Kiste. Schließlich fällt ihm auch noch der Stock hinaus, und es ist kein anderer im Raum; da packt er wirklich die Kiste an einer Seite und schiebt sie hier ein Stück vom Gitter ab, so daß nun das Ziel ohne Mühe zu erreichen wäre; aber ohne sich weiter um dieses zu kümmern, geht das Tier beiseite. — Der Versuch wird abgebrochen, da Sultans Verhalten von Anfang an den Eindruck von Unlust und von Gleichgültigkeit gegen das Ziel macht. — Etwas später, nachdem die Kiste wieder ans Gitter gerückt ist, werden die Kleinen sämtlich in den Raum gebracht. Nur Rana rüttelt ein wenig an dem Käfig, zieht ihn aber nicht fort, bald danach greift Sultan, offenbar angeregt durch die Konkurrenz, kräftig zu, rückt das Hindernis fort, tritt ans Gitter und holt das Ziel mit dem Stabe heran. Er hat zuvor wohl nur kein Interesse an der Lösung gehabt, d. h. vor allem keinen Hunger. Dagegen ist es nicht wahrscheinlich, daß die übrigen alle in gleicher Weise zu entschuldigen sind.

(20. 2.) Die gleiche Anordnung, nur liegt das Ziel draußen dicht am Gitter, so daß die Verwendung des Stockes nicht erforderlich ist. Die kleinen Tiere außer Sultan werden in den Raum gelassen; sie alle versuchen, von oben auf der Kiste und von beiden Seiten, das Ziel zu ergreifen und zeigen deutlich, daß sie sehr an ihm interessiert sind; als sie durchaus nicht ankommen, ergibt sich allmählich ein verdrossenes Herumturnen und Herumsitzen, vor allem auf der Kiste. Da selbst Rana keine Miene macht, diese fortzuschieben, ist ihr Rütteln tags zuvor vielleicht nicht als Andeutung der Lösung aufzufassen, sondern als das »Ersteinmalanfassen« (oft auch, besonders bei Rana, »Beriechen«), das gegenüber neuen Gegenständen oder Gegenständen in neuer Lage sehr üblich ist. Wenn die Tiere aus dem Verhalten Sultans am Tage vorher nicht mehr gelernt haben, so entspricht das nur der immer wiederkehrenden Beobachtung, daß das Übernehmen der Lösungen von andern dem Schimpansen recht schwer fällt (davon wird im zweiten Teil dieser Prüfungen die Rede sein). — Schließlich, als der Versuch nach langem Warten schon aufgegeben werden soll, kommt Chica plötzlich auf die Lösung: Sie stemmt sich mit dem Rücken gegen das Gitter neben der Kiste, mit allen Vieren seitlich an diese, schiebt sie schräg zurück und ergreift das Ziel. Die große Anstrengung ist erforderlich, weil Tercera auf der Kiste sitzt und während des Vorgangs mit unbeweglichem Gesicht hier sitzenbleibt, entweder zu töricht, um zu verstehen, was Chica vorhat, oder aber der durchtriebenste Schlingel von allen, wahrscheinlich beides in einer seltsamen Mischung, sicher aber das, was wir bei gewissen Menschen »denkfaul« nennen. Tercera sitzt in solchen Situationen immer auf der Kiste. — Wenn Chica die Aufgabe gelöst hat unter Nachwirkung des von Sultan Gesehenen, dann ahmt sie den Kern seiner Leistung nach; denn ihre Bewegungen beim Abrücken der Kiste sind von denen Sultans so ziemlich in allem verschieden, außer eben dem »Fortbewegen aus der Hindernisstellung«.

(22. 2.) Grande, Tercera, Rana, Konsul vor der gleichen Anordnung: Keine Spur von der Lösung wird beobachtet; alle greifen vergeblich nach dem Ziel, alle sitzen abwechselnd auf der Kiste herum. So unglaublich es andern Leistungen der Tiere gegenüber scheint, sie kommen trotz der nun mehrfachen Vorbilder auf die einfache Lösung nicht. — Schließlich wird Chica hinzugelassen, sie sieht das Ziel, packt sofort die Kiste und wirft sie, diesmal über die untere Kante kippend, nach dem Innern des

Raumes zu um; während des Kippens faßt Rana einen Augenblick mit zu; Chica ergreift das Ziel[1].

Im nächsten Versuch ist wieder außer Sultan auch Chica nicht zugegen; der Käfig ist zufällig in eine etwas unsichere Stellung geraten und wackelt leicht; Rana kippt die Kiste alsbald nach innen um, wie es zuvor Chica (z. T. mit Rana zusammen) getan hat und erreicht das Ziel. Sehr wahrscheinlich handelt es sich um ein Übernehmen der Lösung; es ist kein Zufall, wenn Rana im vorhergehenden Versuch gerade dann auch die Kiste umwerfen möchte, als Chica dabei ist, es zu tun. Vielleicht wirkt erleichternd, daß die Kiste bei Berührung wackelt.

(Am 16. 3. wurde beobachtet, daß Tercera in ähnlicher Situation eine Kiste aus dem Wege schob.)

(23. 2.) Die gleiche Anordnung wird für Tschego hergestellt; nur muß beim Niederlegen des Zieles auf die sehr langen Arme dieses Tieres Rücksicht genommen werden. Tschego macht ihren ersten Versuch überhaupt. — Lange Zeit erfolgt gar nichts als vergebliches Recken der Arme von dem hindernden Käfig aus, auf den sie sich gesetzt hat. Schließlich wird ein zweites Ziel etwas seitlich gegenüber der Kiste draußen niedergelegt, wo Tschego gerade ankommen kann, aber die Kiste schon stark als Hindernis empfinden muß; sie nimmt dieses Ziel auf, zeigt aber keinerlei Wirkung der Hilfe und bleibt neben der Kiste am Gitter sitzen; für eine Zeitlang geschieht wieder gar nichts. Inzwischen machen sich allmählich einzelne der kleinen Tiere draußen heran — ihre Gegenwart in Tschegos Versuchen wurde als experimentelles Hilfsmittel benutzt — und versuchen wiederholt, sich das Ziel anzueignen. Jedesmal werden sie mit drohenden Bewegungen, Auf- und Niederwerfen des Kopfes, Hinausfuchteln mit den langen Händen und Trampeln der Füße verscheucht; Tschego sieht also das Ziel als ihre Sache an, wenn schon sie es nicht zu erreichen vermag (sie würde die kleinen Tiere ohne besonderen Anlaß nicht bedrohen, ist gut Freund mit ihnen). Endlich haben sich die Kleinen doch alle dicht um das Ziel versammelt, aber als die Gefahr sehr groß geworden ist, packt Tschego mit einem Male die Kiste, die in ihren Armen wie ein Spielzeug

[1] Ihre Art, die Kiste zu entfernen, ist wieder völlig verschieden von der des ersten Males; ich hebe das hervor, um Einwände von vornherein abzulehnen, die man bei Unkenntnis des Schimpansen machen könnte; was Chica z. B. in diesem Versuch macht, heißt: Kiste hier aus dem Weg vor dem Ziel! und nicht: Die und die Serie von Bewegungen!

ist, dreht sie mit einem Ruck zurück, tritt ans Gitter und ergreift das Ziel. — In diesem Fall ist eine Zeitangabe von Interesse: gegen 11 Uhr vormittags begann Tschego sich um das Ziel zu bemühen, die Lösung erfolgt um 1 Uhr. Wären die jungen Tiere nicht hinzugekommen, so hätte der Versuch noch viel länger gedauert[1] — und das bei einer Aufgabe, die uns so leicht erscheint, doch kaum viel schwerer als das Heranziehen des Zieles an einem darangebundenen Seil, als eine Aufgabe also, bei der der Schimpanse keinen Augenblick zaudert! — Noch eins ist an dem Verlauf wohl zu beachten. Die Lösung kommt bei Tschego (auch bei den kleinen Tieren) nicht so zustande, daß die Kiste im Hindrängen nach dem Ziel unbeabsichtigt allmählich zur Seite geschoben würde; Tschego bewegt vielmehr den Käfig zwei Stunden lang auch nicht einen Millimeter von der Stelle, drängt ihn auch bei der Lösung nicht mit dem Körper gewissermaßen zufällig fort, sondern packt ihn plötzlich mit beiden Händen und schiebt ihn mit einem Ruck zurück; es handelt sich um eine echte Lösung.

Am folgenden Tage wird der Versuch wiederholt; die Kiste steht an genau der gleichen Stelle. — Tschego sieht das Ziel, setzt sich neben dem Käfig nieder, wo sie gestern zuletzt gesessen hat, greift einmal vergeblich hinaus, packt unmittelbar danach die Kiste, kippt sie nachdrücklich über die untere Kante nach hinten in den Raum zurück und ergreift das Ziel. — Statt zwei Stunden dauert der Versuch diesmal eine knappe Minute; Anspornung durch die Kleinen ist nicht mehr erforderlich. Die Bewegung, mit der die Kiste entfernt wird, weicht durchaus von der des vorigen Tages ab, Tschego kopiert nicht »Innervationen« von gestern, sondern »beseitigt wieder die im Wege stehende Kiste«.

Schon einen Monat vor diesem Versuch mit der Kiste im Wege benahm sich Rana sehr merkwürdig in einem Versuch, der bei flüchtiger Betrachtung fast identisch mit dem beschriebenen scheint (25. 1.): Ein großer Tierkäfig, noch schwerer als der eben benutzte, steht auf freier Fläche, einerseits vom Gitter (sonst von Holzwänden) verschlossen, so daß man das Innere sehen und insbesondere erkennen kann, daß der Käfig auf der Wand mit der unverschlossenen Türöffnung ruht; solche Kasten stehen noch in mehreren Exemplaren in der Nähe und werden von den Tieren, sofern die offene Tür nicht auf dem Boden liegt,

[1] Man sieht hier, daß solche Prüfungen überhaupt nur dann zuverlässige Resultate haben können, wenn der Beobachter über sehr viel Zeit und — Geduld verfügt; daß nach vergeblichem Warten durch Stunden doch noch die Lösung in einem glücklichen Moment auftritt, habe ich mehr als einmal erlebt.

oft betreten. Durch das Gitter nicht erreichbar, liegt das Ziel auf der Grundwand, und die Tiere greifen vergeblich zwischen den Stäben hindurch hinein. Nach einigen unglaublich ungeschickten Versuchen, mit einem Stock das Ziel ans Gitter zu kratzen, bemüht sich Rana in nicht mißzuverstehender Weise, den Käfig über eine Kante zu kippen; gelänge ihr das, so könnte sie durch die Türöffnung ohne weiteres in die Kiste hineinsteigen; aber der Käfig ist zu schwer. Nun steht etwa 5 m seitlich ein ganz gleicher Käfig mit der Türöffnung nach der Seite gekehrt, wo Rana eben sich abmüht; das Tier gibt plötzlich sein Anstemmen auf, geht auf den andern Käfig zu, durch dessen Türöffnung langsam hinein, dreht um, kommt wieder heraus mit einem seltsamen Gebaren von Torheit und Nachdenklichkeit zugleich, kehrt zu dem ersten Käfig zurück und bemüht sich von neuem, ihn umzukanten, übrigens weiter ohne Erfolg. Ich glaube nicht, daß irgend jemand den Vorgang hätte ansehen können ohne den Eindruck: Der merkwürdige Exkurs in die andere Kiste ergibt sich unmittelbar aus den Anstrengungen des einfältigen Tieres, die Versuchskiste zu drehen, so daß die Tür zugänglich wird. Später wird bei einem andern Versuch ein Verhalten Ranas beschrieben, das dem hier geschilderten verwandt erscheint und schlechterdings eindeutig ist.

Sieht man von diesem Zwischenfall ab, so bleibt die Tatsache, daß Rana schon vor der Zeit der oben beschriebenen Versuche eine Kiste umkippen möchte, um die Tür zugänglich zu machen; das scheint dieselbe Leistung wie oben, nur womöglich noch schwieriger; man wird sich bemühen müssen, die beiden Versuchsarten so zu sehen, daß der anscheinende Widerspruch verschwindet.

Das Ergebnis dieser Prüfungen hat sich später gut bestätigt, wo wieder wegzuräumende Hindernisse den kritischen Bestandteil der Situation bildeten: solche Aufgaben zu lösen, fällt dem Schimpansen sehr schwer, oft bezieht er eher die (in jeder Hinsicht) fernliegendsten Instrumente in die Situation ein und kommt auf ganz wunderliche Methoden, als daß er ein simples Hindernis, das mit geringer Mühe zu beseitigen wäre, aus der Situation ausschaltet[1].

Da aber dem erwachsenen Menschen der einfache Hindernisversuch leichter vorkommt, als z. B. Verwendung von Stock oder Kiste als Werkzeug, während doch beides für die Schimpansen annähernd gleich schwierig zu sein scheint, so folgt, daß man sich wohl hüten muß, die Leistungen der Tiere (und ihre Fähigkeiten) im voraus durch bloße Reduktion aus dem Bilde menschlicher Leistungen (Fähigkeiten) zu konstruieren, indem man einfach abstreicht, was man für hochwertig, und übrigläßt, was man für elementar hält. Das ist hier schon deshalb nicht erlaubt, weil die primitiven Leistungen, die wir untersuchen, für die erwachsenen Menschen in sekundäre, mechanisierte Formen übergegangen sind. Dabei

[1] Nur in Fällen, wo das Hindernis sich zufällig bewegt, wird dem Schimpansen die Lösung anscheinend leichter.

kann sich das Schwierigkeitsverhältnis der einzelnen zueinander nicht nur verschoben, sondern sogar umgekehrt haben, indem je nach dem Grade der Mechanisierbarkeit wesentliche Züge des Urbildes verloren gingen oder nicht. Niemand kann zur Zeit sagen, ob die für uns besonders leichten und mechanisierten Leistungen auch immer am leichtesten entstehen; was ursprünglich leicht und was schwer ist, kann uns nur die Erfahrung an Anthropoiden, vielleicht auch andern Affen, an Kindern und Primitiven (für etwas höhere Fragen), allenfalls noch an Schwachsinnigen, lehren[1].

3. Werkzeuggebrauch. Fortsetzung: Umgang mit Dingen.

Es bedarf der Versuchsumstände nicht, um den Schimpansen zu einigermaßen mannigfaltiger Verwendung der Dinge in seiner Umgebung zu veranlassen. In beweglichen, starken und großen Händen besitzt er natürliche Vermittler zwischen sich und den Gegenständen; dabei erreicht er in früherem Alter ein gewisses notwendiges Maß von Kraft und Gliederbeherrschung als das menschliche Kind. Sein Fuß, wenn schon bei weitem keine »Hinterhand«, kann doch noch einmal mit zugreifen, wo wenigstens der europäische Menschenfuß als Gehilfe gar nicht mehr in Frage kommt, und das sehr feste Gebiß leistet noch immerfort technische Unterstützung, wie sie zwar bei afrikanischen Stämmen — ich weiß nicht, ob auch sonst bei Primitiven — weit üblicher ist als bei uns, doch kaum in dem Grade wie beim Schimpansen.

Wenn die hier beobachteten Tiere sich dieser Vermittler wirklich zu einem recht entwickelten Umgang mit Gegenständen bedienen, so kann man kaum sagen, daß in dieser Hinsicht die Gefangenschaft einen ganz falschen Eindruck hervorrufe: die Dinge, die dem Schimpansen hier zu Gebote stehen, sind kaum mannigfaltiger als die in Kameruner Wäldern vorkommenden; auch werden ein Fetzen Tuch und ein Baumblatt, ein Stück Spiegelglas und eine Regenpfütze ihrer Funktion nach so gleichartig benutzt, daß das Vorhandensein einzelner menschlicher Artefakte in der hiesigen Umgebung sehr wenig ausmachen dürfte. Eher könnte noch die Beschränkung auf

[1] Daß mitunter das Ergebnis auch vollkommen zu unserer vorgängigen Erwartung stimmen kann, zeigt das Beispiel S. 29ff. Nur ist festzuhalten, daß jedesmal erst die Erfahrung im Versuch entscheidet.

enge Räume, unvermeidliche Langeweile, anderseits das Fortfallen starker Marschanforderungen und der entsprechenden Ermüdung im Sinne eines vermehrten Umgangs mit den Dingen wirken. Auf jeden Fall aber wird der Schimpanse auch auf diese günstigen Bedingungen nur mit der sehr ausgeprägten Natur reagieren, die er nun einmal hat. Denn als Grunderfahrung nach wirklich hinreichendem Zusammensein mit den Tieren muß ich feststellen: Den Schimpansen zu irgend etwas veranlassen, zu einer Tätigkeit, einer Gewohnheit, einer Unterlassung, einem Umgang mit Dingen usw., die ihm nicht liegen, die nicht natürliche schimpansische Reaktion unter den betreffenden Umständen sind, das mag (durch Prügel oder wie sonst immer) für die Dauer von Zirkusvorstellungen gelingen; aber dem Schimpansen ihm Wesensfremdes so einverleiben, daß er es fortan tut wie Eigenes — das erscheint mir als eine äußerst schwere Aufgabe, ja fast als unmöglich: Ein pädagogisches Talent, welches dergleichen doch fertigbrächte, würde ich sehr bewundern müssen. Man ist immer wieder erstaunt und oft genug geärgert, wenn man sieht, wie auch an einem klugen und sonst zugänglichen Tier dieser Art jeder Versuch einer Umbildung von seinen biologischen Eigenschaften fort ganz wirkungslos abgleitet. Bringt man den Schimpansen zeitweilig zu irgendeinem Verhalten, das mit diesen Eigenschaften nicht recht übereinstimmt, so wird sehr bald Zwang nötig, damit er dabei bleibt; und von da an läßt nicht allein die geringste Druckminderung das Tier mit Sicherheit zu seinem schimpansischen Typus zurückkehren, sondern während des Zwanges bekommt man auch nur ein widrig unfreies, gegen den Sinn des Verlangten ganz gleichgültiges Verhalten zu sehen. Aus diesem Grunde muß dringend davor gewarnt werden, irgendwelche Schlüsse zu ziehen aus Sinnlosigkeiten, die ein Schimpanse auf der Bühne im Verlauf einer erzwungenen Handlungsweise begeht[1].

Wenn es sich also darum handelt, zur Vervollständigung des »Status« (Edinger) außer dem Gebrauch von Werkzeugen im Versuch auch noch den Umgang mit Dingen zu schildern, wie er alltäglich beobachtet wird, so braucht man wahrhaftig nicht ängstlich zu sein: Die Tiere mögen hier Gelegenheit haben, das eine oder andere zu tun, wozu sie in Afrika de facto nicht kommen —, immer wird man den Schimpansen und kein Kunstprodukt beobachten, solange nicht starker Zwang auf ihn wirkt, und es

[1] Ich erinnere mich, solche Schlüsse — ich weiß nicht, bei welchem Autor — früher in der Literatur gefunden zu haben.

versteht sich von selbst, daß nichts von dem Folgenden auf irgendeinen Druck des Menschen zurückgeht; auch wenn die Tiere gar nicht ahnen, daß sie überhaupt beobachtet werden, verhalten sie sich ebenso[1].

Der Bericht kann nicht von einer begrenzten Zeitepoche handeln, sondern muß den Umgang mit Dingen beschreiben, wie dieser in reichlich zwei Jahren[2] überhaupt beobachtet wurde, weil der Schimpanse in dieser Hinsicht Moden durchmacht und die Betrachtung einzelner Epochen infolgedessen kein vollständiges Bild geben kann[3].

Das Umgehen mit Dingen, wie man es täglich beim Schimpansen sieht, gehört fast durchweg unter die Rubrik »Spiel«. Ist einmal eine spezielle Form, ein Werkzeuggebrauch oder dergleichen in der »Notwendigkeit« einer Versuchssituation entstanden, so kann man sicher sein, das Neue bald danach im Spiel wiederzufinden, wo es also unmittelbar nicht den mindesten »Vorteil«, sondern allein erhöhte Lebensfreude gilt. Umgekehrt kann von den vielen Spielereien, die der Schimpanse mit Gegenständen vornimmt, leicht das eine oder andere zu großem praktischen Vorteil führen, und wir beginnen mit einem Spiel, das diese vom europäischen Menschen — schon hier viel weniger — hochgeschätzte Eigenschaft in beträchtlichem Maße besitzt.

Das Springstockverfahren wurde von Sultan aufgebracht, von Rana wahrscheinlich zuerst übernommen: Die Tiere setzen einen Stock, eine längere Stange oder ein Brett senkrecht oder etwas schräg auf den Boden, klettern jetzt mit den Füßen, während auch die Hände rasch weitergreifen, so schnell wie möglich ein Stück daran hinauf und kommen entweder mitsamt dem Instrument irgendwo an oder sie schwingen sich in eben dem Augenblick seitlich oder schräg nach oben ab, wo der Stock gerade umfallen will. Einmal führt der Sprung zu Boden, ein andermal auf irgend etwas Festes, Gitter, Balken, Ast u. dgl. in bisweilen sehr beträchtlicher Höhe über der Erde. Zunächst handelt es sich um Fälle, wo der Sprung vom Milieu keineswegs erfordert wird, und mit Gehen oder Klettern viel bequemer auszukommen wäre; auch pflegt die Landungsstelle durchaus nicht besondere Vorzüge zu besitzen, und wenn man sieht, wie der Vorgang sich oft viele Male hintereinander an beliebigen Stellen wiederholt, so wird man über-

[1] Vielfach sogar entschieden interessanter.

[2] In diesem Abschnitt war 1916 noch Verschiedenes nachzutragen.

[3] Sollte sich bisweilen wiederholen, was schon in der ersten (mir unbekannten) Stationsschrift enthalten ist, so läßt sich das eben nicht vermeiden.

zeugt, daß es sich eben um das Springen als solches handelt, ähnlich wie bei menschlichen Kindern um Stelzengehen zum Beispiel als solches.

Aber sehr bald entstand ein regelrechter Werkzeuggebrauch daraus: Sultan sollte (23. 1. 14.) im Versuch das wieder einmal zu hoch angebrachte Ziel auf einem indirekten Wege erreichen, kam aber auf die erwartete Lösung durchaus nicht, sprang mehrfach vergeblich vom Boden aus in die Höhe, ergriff dann eine Stange, die in der Nähe lag, erhob sie, wie um nach dem Ziel zu schlagen, setzte sie jedoch gleich danach mit einem Ende auf die Erde unter dem Ziel und machte mehrfach den »Kletter-sprung« in der angegebenen Art. Sein Treiben dabei hatte etwas zugleich Spielendes und Unenergisches von dem Charakter: »In Wirklichkeit geht es ja doch nicht,« und so ging es denn in der Tat nicht. — Das nächste Mal (3. 2.) war er entschlossener und glücklicher, ging auf ein festes Brett zu, das so schwer war, daß er gerade damit fertig werden konnte, stellte es unter dem Ziel auf und schlug das Kletter- und Springverfahren ein. Drei Beobachter, die zugegen waren, hielten es für unmöglich, daß er auf diese Weise das Ziel erreichen könnte, und wirklich kippte das Brett dreimal zu früh, als daß sein Vorhaben hätte gelingen können, aber beim vierten Mal kam er doch hoch genug und riß beim Sprung das Ziel mit sich herunter.

Allmählich kam die Springstange auch bei Grande, Tercera, Chica und sogar dem schweren, unbeholfenen Tschego in Gebrauch, doch benutzten die einzelnen sie je nach turnerischer Begabung mit sehr verschiedener Gewandtheit und ebenso verschiedenem Erfolg. Nach einer Weile konnte niemand hierin mit Chica konkurrieren: Sie sprang mit kleinen, kurzen Stöcken und Brettern, später, als eine Stange von über 2 m Länge glücklich irgendwo abgerissen war, mit dieser und konnte nun schon alles erreichen, was nicht über 3 m hoch angebracht wurde (vgl. die Abbildung Taf. I, in der nicht genügend klar ist, daß der Stock nur auf dem Boden steht und von dem Haus im Hintergrund um mehrere Meter entfernt bleibt). Kürzlich aber, als ich sehen wollte, wieweit ihre Leistungen gingen und einen Bambus von über 4 m Länge besorgte, beherrschte sie auch dies Instrument sogleich vollkommen und erreichte in rasendem Klettern Höhen von über 4 m noch immer eher, als der Bambus Zeit hatte umzufallen[1]. Chica

[1] Ein kinematographischer Film, der aufgenommen wurde, damit mich niemand der Übertreibung beschuldigt, wird wahrscheinlich verderben, da er nicht entwickelt werden kann.

selbst ist jetzt nicht ganz einen Meter groß, wenn sie aufgerichtet steht. — Sie bleibt aus gewissen Gründen gegenwärtig von ihrem Bambus für den Tag getrennt; kommt sie abends auf den Spielplatz, wo er liegt, so sollte sie da eigentlich nur essen, aber sie unterbricht dieses auch ihr gewiß wichtige Geschäft fortwährend und gegen Verbote, um mit der beliebten Stange »nur so« einmal schnell einen Sprung zu machen.

Es versteht sich, daß dies Kunststück nur infolge großer Erfahrung darüber möglich ist, wie der Stab aufgesetzt und der eigene Körper bewegt werden muß, damit nicht zu früh während des eiligen Kletterns das labile Gleichgewicht verlorengeht; diese Erfahrung wird man sich so vorstellen müssen, wie die eines menschlichen Turners: auch Chica »hat es im Gefühl«. — Das Unangenehme am Verfahren ist sichtlich der enorme Aufprall beim Niederstürzen aus oft an 5 m Höhe auf einen völlig festgetrampelten Boden; denn Chica besieht und befühlt oft hinterdrein die Teile ihres Körpers, die zuerst angekommen sind, und manchmal geht sie etwas langsam davon; eine Verletzung ist jedoch bei ihrer ebenfalls unübertrefflichen Kunst im Fallen noch niemals vorgekommen.

Auch an dieser Leistung ist natürlich nicht das mindeste »dressiert«; mein Verdienst ist die Beschaffung des ganz langen Bambus, sonst nichts; die Tiere haben dies Verfahren eingeführt, sich von selbst darin ausgebildet und es von selbst unter die Lösungsmethoden in »Versuchen« aufgenommen. Sollten sie seiner eines Tages überdrüssig werden, so kann ich durchaus nichts dagegen vornehmen, — es müßte denn sein, daß ich Chica einen noch längeren Bambus schenkte.

Selbst Nachahmung des Menschen ist in diesem Fall ausgeschlossen; denn wenn sich auch Akrobaten mit der gleichen Leistung zeigen sollen, so ist doch niemand hier, dessen Fuß ihm Ähnliches erlaubte, und das Stabhochspringen von menschlichen Turnern ist bekanntlich ein Verfahren ganz anderer Art, außerdem hier in der Umgebung der Tiere durchaus nicht üblich.

Eine neuere Modifikation, entstanden, seitdem die Tiere in einen engeren Raum mit niedrigem, aber sehr starkem Drahtdach eingeschlossen werden mußten, besteht darin, daß man wieder den Kletterspring macht, aber genau nach oben bis ans Dach, dies ergreift, aber zugleich den Stock nicht losläßt und nun auf diesem wie einem Kontorstuhl von phantastischem Maß Platz nimmt. Es ergibt sich dann weiter von selbst, daß das Tier am Dach weitergreifen und mit den Füßen den Sitz mitnehmen kann, wobei es kaum aufhört, auf diesem zu hocken; doch beobachtet man dies Spiel nicht allzuhäufig.

Wenn das Werkzeug am einen Ende dicker als am andern und damit das Gewicht ungleich verteilt ist, würde der Mensch stets das dickere, schwere Ende auf den Boden setzen. Selbst bei Chica wird nicht recht klar, ob sie auf diesen Umstand Rücksicht nimmt. Wenn schon zumeist wirklich das schwerere Ende auf den Boden gesetzt wird, so sieht man

doch auch das Gegenteil, und es bleibt die Möglichkeit, daß im allgemeinen die vorteilhaftere Stellung zustande kommt, weil sie naturgemäß leichter erreicht wird. Ist der Schwereunterschied zwischen beiden Enden gering, so beachtet ihn der Schimpanse gewiß nicht; sieht man ihn dann mit dem (für uns) verkehrt stehenden Pfahl seinen Sprung immer noch mit Leichtigkeit ausführen, so ist man geneigt, den Fehler für unwesentlich zu halten; weitere Erfahrungen belehren später darüber, daß er prinzipieller Art ist.

Einen ungünstigen Eindruck macht Rana bisweilen, wenn sie sich zu einem Sprunge anschickt, der einigermaßen weit hinauf reichen soll, und der Stock zu kurz ist. Die andern Tiere würden hinaufsehen und dann den Pfahl fortwerfen oder allenfalls einmal die Probe machen und danach die Sache aufgeben. Rana setzt den Stock mit einem Ende auf, macht Anstalten, in die Höhe zu klettern, läßt es wieder, dreht den Stock um, als könnte er davon länger werden, hebt ein Bein und läßt es wieder sinken, dreht den Stock wieder um usw. eine Reihe von Malen — ein Bild von Wirre; schließlich ist das Endergebnis in der Regel, daß sie sich hinsetzt, den Stock langsam niedergleiten läßt und mit blödem Gesicht rings um sich blickt.

Der Hund als Tierart ist vom Schimpansen an Begabung wahrlich verschieden genug; aber wie der Schimpanse mit der hohen Entwicklung auch die entsprechend großen individuellen Variationen erreicht hat, so hat die Natur einzelnen Exemplaren der Art auch die Möglichkeit gegeben, ein geradezu erschreckend törichtes Gesicht zu machen. Nie wird ein Hund so spezifisch dumm aussehen können; sein Gesicht bleibt immer vergleichsweise »neutral«, und so erreicht er auch nie den gescheiten Ausdruck, den begabte Schimpansen nicht selten zeigen. — Rana fällt als dumm fortwährend auf, weil sie zum Unglück auch noch sehr beflissen ist und sich immer wieder eifrig exponiert, während es Tercera, die nur ganz selten auf einen Versuch eingeht, durch zweiundeinhalb Jahre gelungen ist, eine etwas rätselhafte Figur zu bleiben. — Es verdient sehr beachtet zu werden, daß Rana (außer dem kleinen Konsul, den sie bemutterte, solange er lebte) keinen rechten Spielkameraden finden kann; auch ihre Artgenossen können nichts mit ihr anfangen, und Tschego behandelt die Unglückliche einfach wie einen blöden Clown.

Der Stock ist eine Art Universalinstrument des Schimpansen; in fast allen Lebenslagen kann man mit ihm etwas anfangen. Nachdem einmal seine Verwendung aufgekommen und Allgemeingut geworden war, wurde seine Funktion Monat für Monat mannigfaltiger.

Alles was jenseits eines Gitters und mit der Hand nicht erreichbar die Aufmerksamkeit auf sich zieht, wird wie im Versuch mit Stöcken, Drähten oder Strohhalmen herangezogen. Ist die Regenzeit vorbei und das über alles beliebte Grünfutter vom Spielplatz verschwunden, so stehen doch noch Kräuter draußen vor dem Drahtnetz. Ein Pfahl wird dann durch die Maschen gesteckt, mit dem äußeren Ende der Busch ans Gitter gedrückt,

so daß die freie Hand die Triebe fassen kann; mit dieser Beschäftigung werden Stunden verbracht. Aber das Drahtnetz ist alt, und die heftige Bemühung mit dem schräg drückenden Pfahl reißt bald ein paar Maschen auf, bis die lederharte Hand in die Öffnung greifen und mit einem kräftigen Zug ein Loch reißen kann, groß genug, um den ganzen Schimpansen hindurchzulassen. Die Tiere haben lange Zeit durch nichts zu erkennen gegeben, daß ihnen ihre Gefangenschaft unangenehm wäre, aber nach dieser Entdeckung wußten sie einen Ausflug sehr zu schätzen; zwar arbeiteten sie wohl meistens nicht von vornherein zu diesem Zwecke, aber war erst ein kleiner Riß entstanden, so konnte man schon an der verdächtigen Ansammlung der Tiere auf einem Fleck und dem aktiven Eingreifen immer neuer Mitarbeiter an derselben Gitterstelle von weitem erkennen, daß es sich nicht mehr um Grünzeug handelte. Hätten wir sie nicht oft genug auf frischer Tat ertappt, so würde doch der Hergang dabei vollständig zu entnehmen sein daraus, daß nach gelungener Flucht in dem aufgerissenen Netz noch der eiserne oder hölzerne Stab lehnt[1].

Ganz ähnlich hat sich wohl die Funktion des Stockes in einem andern Fall von selbst weiterentwickelt: Die Grube, welche das Abflußwasser vom Reinigen der Tierställe aufnimmt, ist mit einem festen Holzdeckel und Eisenriegeln verschlossen; aber Fugen und Spalte gibt es doch, und es wurde eine wahre Sucht der Tiere, mit Stäben und Halmen an der Grube zu hocken, einzutauchen und die schmutzigen Tropfen nachher abzulecken. Viel einfacher wäre es natürlich, wenn der Deckel ganz entfernt würde, und aus irgendeinem Grunde, vielleicht weil der Deckel sich unter der berührenden Hand bewegt oder sonst die Situation besonders leicht zu erfassen ist, wurde dieses Hindernis von Anfang an gern beseitigt, erst mit der Hand, die beim Schimpansen schon einmal den Eisenriegel mit seinem Zementlager losspreng̃t, und später, als wir immer neue festere Konstruktionen einführten, mit dem Stock, der zuvor wohl nur Löffel gewesen war und nun als Hebel eine große Beliebtheit gewann. Die Art, wie der Schimpanse hebelt, ist mit der des Menschen identisch. Natürlich weiß keiner der Affen das mindeste von den Beziehungen zwischen Kraft, Weg, Arbeit usw., die dem physikalischen Hebelbegriff inhärieren, aber nicht

[1] Bei der Harmlosigkeit der Tiere sind solche Ausflüge vollkommen ungefährlich; macht man sie nachdrücklich darauf aufmerksam, daß sie sich verfehlen, so gehen sie von selbst wieder nach Hause.

viel mehr weiß davon der Lastfuhrmann, der seinen Wagen mit zerbrochenem Rad mittels eines Hebels auf den untergestellten Stützbock hebt; es muß eine Art praktischen und konkreten »Verständnisses« für dergleichen einfachste Instrumente geben, das, aus Optik und Motorik des Naiven unmittelbar herauswachsend, innerhalb gewisser Grenzen die passende Verwendung schnell hervorbringt und dauernd gewährleistet (vgl. auch das Umgehen mit der Springstange). — Wenn die Tiere heute vergeblich am Deckel rütteln, bemühen sie sich gar nicht erst, den schnell gesuchten Stock als Löffel zu gebrauchen, sondern hebeln sofort; erst wenn der Deckel durchaus nicht nachgibt, tauchen sie wieder ein.

Das Aufbrechen dieser Grube war eine der stärksten Moden, die ich beobachtet habe; es dauerte lange, bis dieser Sport langweilig wurde: Denn man würde ja den Schimpansen arg mißverstehen, wenn man meinte, nur der schmutzige Inhalt reize ihn in diesem Falle: Mindestens ebenso wichtig kann dabei die Möglichkeit sein, überhaupt etwas gründlich und mit ansprechender Methode in seine Bestandteile zu zerlegen. Etwas Zerstörbares und ein Schimpanse zusammengebracht, das gibt doch nicht aus reiner Ungeschicklichkeit des zweiten Teiles ausnahmslos Trümmer; das Tier ist nicht eher ruhig, als bis die Splitter oder Scherben eine weitere Bearbeitung nicht mehr verlohnen oder nicht mehr zulassen. Übrigens sind es vielleicht nur die größeren Kräfte, die den Schimpansen hierin sogar menschliche Kinder übertreffen lassen.

Das Löffeln mit Strohhalmen, Stäbchen u. dgl. kommt auch als reine Spielerei vor, wenn das Getränk während der Mahlzeit den Tieren frei zugänglich ist. Nachdem der Durst schon in kräftigen Schlucken gestillt ist, nimmt bisweilen ein Tier Halme, taucht sie ein und führt die Tropfen zum Munde; das geschieht dann wohl zwanzig Male hintereinander. Als einmal ein Schluck Rotwein in die gemeinsame Wasserschale gegossen wurde, beugten sie sich zuerst arglos zum Trinken; nach der ersten Probe aber hielten sie einen Augenblick ein, eines begann mit einem Strohhalm, drei weitere gleich danach mit Stäben und Zeugfetzen einzutunken und zu löffeln; für das sonst übliche herzhafte Schlürfen war das Getränk wohl zu kräftig. Das ist wieder keine Nachahmung des Menschen; denn seit Jahren könnten sie höchstens durch Zufall einmal einen Menschen beim Essen beobachtet haben, der dabei Messer, Gabel oder Löffel benutzt hätte[1].

Ganz anders wird Stroh von zwei Tieren (Grande und Konsul) bisweilen beim Essen fester Nahrung verwendet. Alle Schimpansen machen, wenn ihr Hunger nicht zu groß ist, aus Früchten (Bananen, Weinbeeren, Feigen usw.) zunächst einen Brei, den sie zwischen den sehr dehnbaren und oft unheimlich aufgeblähten Mundwänden hin und her wälzen,

[1] Die Landbevölkerung in der Umgebung verwendet diese Geräte nicht.

dazwischen auch in der weit vorgestreckten Unterlippe betrachten oder in die Hand nehmen und hier mit Vergnügen anschauen, um ihn dann wieder in den Mund zu stecken. Jene beiden Tiere suchten (in mehrmals wiederkehrender Mode) Strohhalme zusammen, wenn sie aßen, mischten sie im Munde unter den Brei und brachten sie erst wieder als ein Knäuel sorgfältig zum Vorschein, wenn der Fruchtkuchen heruntergeschluckt war.

Ein Mittelding zwischen Löffel und Jagdinstrument ist das Stäbchen oder der Strohhalm beim Ameisenfang. Im Hochsommer tritt hier eine kleine Ameisenart als Plage auf; wo das Insekt seine Straßen hat, da sieht man einen breiten Streifen braunen Gewimmels, und ein solcher Streifen pflegt sich auch auf den Querbalken der Drahtnetzwände rings um den Tierplatz zu bilden. Wie der Schimpanse säuerliche Früchte allen andern vorzieht (wenigstens hier, wo er sie seltener bekommt), so scheint er die Ameisensäure sehr zu schätzen; kommt er an einem Brett vorbei, an dem die Ameisen auf und ab wimmeln, so steckt er einfach die Zunge heraus und fährt mit ihr über die Straße hin. An jenen Querbalken ist dies primitive Verfahren nicht ausführbar, weil die Straße auf der Seite außerhalb des Gitters entlang zu führen pflegt. Also begann erst einer, dann der andere und schließlich die ganze Gesellschaft, Strohhalme und Stäbchen durchs Gitter auf den Balken hinauszuhalten, so daß sie sich in wenigen Sekunden ganz mit Ameisen bedeckten, worauf dann die Beute schnell hereingezogen und im Munde abgestreift wurde. Besonders vorteilhaft wirkt dabei vom zweitenmal an der Speichel, der auf dem Halm zurückbleibt; denn das Hauptziel der Ameisen ist in der Glut der Sommertage jeder feuchte Fleck, so daß der nasse Halm, kaum daß er in die Straße hineinhängt, die Insekten in Menge auf sich lenkt; und selbst beim erstenmal kann dieser Vorteil bestehen, da der Schimpanse nicht leicht einen Halm oder Stock zu irgend etwas benutzt, ohne ihn zuvor schnell einmal an der Spitze anzulecken, wie das manche Menschen mit Bleistiften u. dgl. auch zu tun lieben. Über den Sinn dessen, was die Tiere da treiben, ist ein Zweifel gar nicht möglich, lassen sie einen doch aus nächster Nähe zusehen: Die Aufmerksamkeit ist ganz auf den Insektenzug gerichtet, der Halm liegt einige Sekunden unbeweglich und stets möglichst in dem größten Gewimmel; wird er dann zum Munde geführt, so kommt er hinterdrein, nach dem Durchstreifen, ohne eine einzige Ameise wieder zum Vorschein, und es wird nichts wieder ausgespien, wie das doch bei den geringsten Spuren unangenehmer Schmeckstoffe, z. B. leider bei in die Nahrung eingeschmuggelten Arzeneien, sofort geschieht. Auch in diesem Fall ist frei-

lich das sportliche Interesse wohl ebenso groß oder größer als der Appetit auf Ameisen; denn Stellen, wo man die Ameisen nur eben abzulecken brauchte, sind genug da, und unter sonst gleichen Umständen bleibt der schönste Ameisenzug unbeachtet, wenn die Mode eine andere Richtung genommen hat. Besteht die Mode jedoch, dann kann man sämtliche Tiere der Station nebeneinander am Ameisenweg entlang hocken sehen, jeden mit seinem Halm wie eine Reihe Angler am Flußlauf.

Zeitweise sehr beliebt ist der Gebrauch des Stockes zum Graben. Damit das Spiel aufkam, war wohl weiter nichts erforderlich als eben die Möglichkeit, mit einem Stöckchen die Erde aufzustechen. Anscheinend ist das Graben schöner, wenn der Boden feucht als wenn er trocken ist, und beginnt es dann einmal, so wird mit ungewöhnlicher Ausdauer drauflosgestochen, bis am Ende größere Löcher entstehen. Der Schimpanse faßt dabei den Grabstock auf die verschiedenste Weise an, je nach Bedarf, aber er beschränkt sich überhaupt nicht auf die Kraft der Hände, sondern bohrt an harten Stellen senkrecht nach unten, indem er oben mit den Zähnen zufaßt und seine vortreffliche Mund- und Nackenmuskulatur mitarbeiten läßt. Ebenso häufig ist in neuerer Zeit der Gebrauch des Fußes geworden; die Sohle, die äußerst unempfindlich ist, wird kräftig gegen das obere Ende des etwas schräg in den Händen ruhenden Stockes gedrückt und dieser so in die Erde gezwungen. Man darf nicht annehmen, das geschehe einmal gelegentlich; Tschego gräbt in der Mehrzahl der Fälle so. Viel seltener ist schon der handmäßige Gebrauch des Fußes, wobei der Fußdaumen um den Stock herumgreift. Wie man sieht, kommen wir hier dem »Grabstock« im Sinn der Ethnologie sehr nahe[1]. Die Annäherung wird aber noch weit auffallender dadurch, daß die Tiere, schon ehe die Grabstockmode zum ersten Male auftrat, sich längst gewöhnt hatten, nach Verschwinden der Kräuter im sommerlichen Sonnenbrand wenigstens Wurzeln aus der Erde zu scharren und zu kauen. Sie hatten das zunächst mit der Hand getan und dabei große Ausdauer bewiesen; wenn sie aber mit dem Stock zu graben anfingen, so kamen sie im harten Boden leichter voran und mehr in die Tiefe, und so darf es gar nicht wundernehmen, wenn bald das Freilegen von Wurzeln ganz offenbar den Reiz des Spieles wesentlich erhöhte. Wieder ist es das bei

[1] Das Drücken mit dem Fuß ist nicht vom Menschen übernommen. Den sogenannten »Spaten« kennt man hier nicht.

weitem älteste Tier, Tschego, das sich vor allen im Wurzelsuchen auszeichnet, unterstützt durch die gewaltige Kraft seiner Beine, Zähne und Arme, die den Grabstock führen.

Ich möchte nicht behaupten, daß der Schimpanse eines Tages einen Stock hernimmt, indem er sich dabei gewissermaßen sagt — wirklich sprechen kann er sicher nicht im mindesten —: »So, jetzt will ich Wurzeln graben!« Daß er dagegen, beim Graben als Spiel und wohl gar nach einem Wurzelfund, nach Wurzeln weitergräbt, weil er schon lange mit der Hand nach Wurzeln gesucht hat und auch mit der besseren Methode jetzt wieder Wurzeln findet, daran kann man als Zuschauer überhaupt nicht zweifeln. Das Suchen nach etwas eben nicht Vorhandenem ist eine dem Schimpansen ganz geläufige Bemühung: In Versuchen über das Ortsgedächtnis der Tiere wurden oft Früchte vor ihren Augen vergraben; nicht nur, ehe sie später die Stelle wiedergefunden haben, suchen sie in deren Umgebung genau wie ein Mensch, auch nachher, wenn die Früchte ausgegraben sind, wühlen sie, eine halbe Stunde und länger, weiter und tiefer, weil sie nicht wissen, daß sie schon alles herausgeholt haben. Das Suchen nach etwas in der Erde unterscheidet sich von dem bloßen Grabespiel sehr auffällig durch den gespannten Blick, das hastige Weiterwühlen in bestimmten Momenten, die genaue Prüfung der gelockerten Erde, das große Interesse an den gegenseitigen Grabstellen usw.

Ist etwas schlecht anzufassen, aber doch interessant, so wird es alsbald mit dem Stock behandelt. Nueva sitzt neben mir vor einem Reisighaufen, den ich anzünde, um zu sehen, was sie von Feuer hält; sie betrachtet die Flammen mit mäßiger Neugier, faßt nach einer Weile mit der Hand hinein, zieht diese sogleich eilig zurück und hat schon im nächsten Augenblick einen gerade daliegenden Stock ergriffen, mit dem sie nun im Feuer herumstochert.

Hat sich eine Maus, eine Eidechse od. dgl. auf den Spielplatz verirrt, während sich die Schimpansen auf diesem aufhalten, so ist das zwar sehr aufregend, aber man kann durchaus nicht einfach zugreifen, um das kleine Tier zu fangen. Ungemein komisch sieht es aus, wie die Affen mit »spitzen Fingern« schnell in die Gegend des Opfers fahren, um sie eilends wieder zurückzuziehen; ein entschlossenes Zupacken scheint ihnen gegenüber diesen Tieren genau ebenso unmöglich zu sein wie den meisten Menschen, und jede Bewegung des Flüchtlings bringt dieselben halb abwehrenden, halb erschrockenen Bewegungen des Verfolgers hervor, die man im gleichen Fall an Männern und Frauen sieht. Wenn wir in diesem Fall z. B. den Ellbogen abwehrend vorstrecken, weil hier das unangenehm »Kribbelnde« der Berührung anscheinend geringer ist als an der Hand, so verhält sich Tschego genau so: ein Ruck der Eidechse, die sich ja stoßweise zu bewegen pflegt, und schon fährt das große Tier mit Körper und Hand zurück, mit dem Ellbogen vor, während die Augen sich wie vor einem Schlage schließen. Besser

noch als der Ellbogen ist natürlich wieder ein Stäbchen, mit dem nach dem Eindringling getappt wird, und wirklich sind in solchen Zwischenfällen die Schimpansen schnell mit Stöcken ausgerüstet, die einen — freilich immer noch sehr nervösen — Umgang mit dem kleinen Tier möglich machen. Erst wenn dieses in lebhafte Bewegung kommt, wohl gar in Richtung auf einen Affen zu, dann wird in der Aufregung der herumfuchtelnde Stock zur Waffe, und wenn so ein fremdes Wesen nicht rechtzeitig entflieht, so wird es schließlich umgebracht, obwohl das ganze sicherlich keine kalte Grausamkeit, sondern einfach ein höchst aufregendes Spiel ist; im Hintappen der Affen, die natürlich etwas mit dem fremden Ding machen müssen, und in den ganz reflektorischen Fuchtelbewegungen, wenn dieses sich bewegt, wird es so oft getroffen, bis es liegenbleibt.

Oft kommt es vor, daß sich ein Schimpanse mit Kot, dem eigenen oder dem der Kameraden, beschmutzt. Nun habe ich bisher einen einzigen Vertreter der Art (Koko) gesehen, der nicht in der Gefangenschaft Koprophage war, und doch: tritt einer von ihnen in Kot, so kann der Fuß nicht ordentlich auftreten, genau wie bei einem Menschen im gleichen Fall; das Tier humpelt davon, bis es eine Gelegenheit findet, sich zu reinigen; und beileibe wird es nicht die Hand dazu benutzen, die vielleicht vor wenigen Minuten noch Kot zum Fressen aufnahm und ihn selbst unter heftigen Schlägen nicht losließ, sondern mit einem Stäbchen (auch wohl Papierstücken oder Lappen) muß das geschehen, und das Gebahren dabei zeigt unverkennbar Unbehagen an: Kein Zweifel, daß das Tier sich eben von etwas ihm Unangenehmen befreit. Und so geschieht es stets, sobald eine Beschmutzung irgendwo am Körper entdeckt wird; sie wird so schnell wie möglich entfernt, und zwar, soweit ich es gesehen habe, niemals mit der unbewehrten Hand, immer mit Hilfsmitteln, allenfalls durch Wischen an einer Wand oder auf der Erde[1].

[1] Allgemeiner: Die Körperoberfläche wird bei den verschiedensten Anlässen mit Werkzeugen behandelt. Gießt man Wasser auf ein Tier oder ölt man seine Haut, so reibt es entweder die Flüssigkeit an einer Wand, einem Baumstamm ab, oder — und das ist sehr häufig — es rafft Stroh, einen Lappen, Papier auf und wischt sich damit ab. Blut wird bisweilen ebenso entfernt, das Betupfen von kleinen Wunden mit Spreu (auch Blättern), welche dabei mit Speichel befeuchtet zu werden pflegt, ihre Untersuchung mit Strohhalmen, kann man öfters sehen. Seitdem Tschego geschlechtsreif ist, wird fast bei jeder Menstruation (4 bis 6 Tage Dauer) beobachtet, wie sie Papier, Lappen usw. benutzt, um das rinnende Blut abzutupfen. Wenn die Haut an der schwer erreichbaren Schulter juckt, wird ein Scherben, ein Stein u. dgl. genommen und damit die Stelle gekratzt.

Kommen Irrationalitäten wie diese in der Ethnologie auch vor, so wird man allerdings sehr gut daran tun, alle intellektualistischen Deutungen von Gebräuchen und sonstigen Erscheinungen mit emotionalem Hintergrund recht vorsichtig zu verwenden; das vorliegende häßliche Beispiel aus der Anthropoiden-Psychologie zeigt nur besonders eklatant, wie (gedankenmäßig) widerspruchsvolles Verhalten ohne weiteres möglich ist und bestehen bleiben kann.

Wie schnell die Einschaltung des Stabes auftritt in Fällen, wo der zu behandelnde Gegenstand nicht gut anzufassen ist, konnten wir vortrefflich beobachten, als die Schimpansen zum ersten Male in ihrem Leben — wenigstens nach Menschenermessen — mit Elektrizität hoher Spannung zu tun bekamen. Der eine Ableitungspol eines schwachen Induktoriums war mit einem Drahtkörbchen verbunden, das, mit Früchten gefüllt, vom Dach herabhing, der andere mit einem Drahtnetz auf dem Boden unter dem Korb. Nie habe ich in kürzester Zeit so viele vollkommen menschliche Reaktionen und Ausdrucksbewegungen an den Schimpansen gesehen wie in diesem Fall: das Zurückfahren beim ersten Schlag, der überraschte Schrei, das vorsichtige Vorstrecken der Hand beim zweitenmal, wobei diese fortwährend wie getroffen schon wieder zurückzuckt, ehe überhaupt die Möglichkeit eines Ladungsausgleichs durch den Körper besteht, das heftige Schütteln der Hand in der Luft nach einem ordentlichen Schlag insbesondere, welches genau so aussieht, wie das Handschütteln eines Menschen, der versehentlich einen heißen Ofen angefaßt hat — alles geht seiner Form nach genau vor sich wie bei uns, und man ist ganz überrascht zu sehen, wieviele unserer Reaktionen, weit entfernt menschliche Angewohnheiten zu sein, in der dunklen Vorzeit der Primaten ihre Wurzel haben müssen. Mit denselben Gebärden (vgl. auch Tschego und die Eidechse) sind die Schimpansen sicherlich vor vielen Jahrtausenden schon von der unbeabsichtigten Berührung mit einem Stacheltier, von einem stechenden Insekt usw. zurückgefahren, mit denen wir von einer Starkstromleitung zurückprallen, und vielleicht ergibt die nähere Untersuchung der kleinen Affenarten auch bei ihnen bereits die gleichen Reaktionsformen[1]. Was man aber vielleicht nicht bei diesen antreffen dürfte, das ist das Aufraffen eines Stockes auf die unangenehme Erfahrung hin, wie ein Schimpanse nach dem andern es in diesem Falle tat, um so in weniger direktem Kontakt mit dem gefährlichen Ding doch womöglich die Früchte zu erreichen. Mit hölzernen Stäben ging zunächst auch alles gut, nur bog der

[1] Ich gehe hier und sonst vom eigentlichen Thema unbekümmert etwas ab, wenn sich eine Gelegenheit darbietet, vom Schimpansen ein lebendigeres Bild zu geben.

Korb an dem Kabel, an dem er aufgehängt war, fortwährend aus, und im Eifer nahmen die Tiere auch feste Drähte und Eisenstangen; als ihnen der Korb nun wieder Schlag auf Schlag versetzte, gerieten sie allmählich in Zorn, aber nur Tschego, die dauernd bei einem Holzknüppel geblieben war, nahm ernstlich den Kampf auf und prügelte, aufrecht stehend, mit aller Macht gegen das Körbchen, daß es in der Luft herumfuhr und am Ende abriß. Noch eine Stunde später sah man übrigens die Tiere vorsichtig die Hand nach dem nun ganz ungefährlichen Drahtnetz um die Früchte ausstrecken und immer wieder vor der Berührung zurückfahren, auch nachdem sie schon mehrfach ungestraft Früchte herausgerissen hatten.

Hier ist zuletzt der Stock sehr deutlich Waffe; denn Tschego steht in großem Zorn da, während sie draufloshaut, und tut dies ganz blind, im Gegensatz zu den ersten Bemühungen, sorgfältig die Früchte aus dem Drahtnetz herauszuholen. Indessen ist diese ernste Verwendung des Stockes als Waffe nur durch die Umstände bedingt, und er wird sonst als Waffe wohl nur im Spiel gebraucht, dies allerdings, wenn es die Mode mit sich bringt, recht häufig. — In den ersten Tagen, nachdem ich die Station übernommen hatte, waren Angriffe der Tiere durchaus keine Seltenheit; nachher habe ich verstehen gelernt, daß wohl keiner sehr ernst gemeint war. Dabei kam Grande, für deren seltsame Psyche ein neues Wesen in ihrer Umgebung immer wieder eine starke Erregung bedeutet, mehrmals aufrecht, mit weit abstehendem Haar, glühenden Augen, schwingenden Armen und in der Hand einen Stock, der natürlich das Fuchteln noch schrecklicher machte, allmählich auf mich zu, wie ein säbelschwingender Raufbold; aber nur eben in Unkenntnis der Tiere konnte ich meinen, Grande wolle einen wirklichen Angriff mit dem Stock machen. Zwar wird sie ähnlich immer verfahren, wenn der Anblick eines Fremden sie erregt, aber diese Erregung scheint doch nur zu einer Art Grausamkeitsspiel zu führen; denn es fällt ihr gar nicht ein, von den fürchterlichen Vorbereitungen zur ernsten Tat überzugehen. Läßt man sie ruhig gewähren, so trampelt sie noch eine Weile und schwingt ihre Waffe, aber am Ende hackt sie nur mit den Fingern der freien Hand ein wenig und gar nicht wie sehr böse nach einem und galoppiert dann ab; das Kriegspielen ist vorbei. Ganz ebenso geht es zwischen Tier und Tier zu: Nimmt eines einen Stock und geht drohend damit auf ein anderes zu oder sticht und haut wirklich nach ihm, so ist das sicher Spielen; nimmt auch der Angegriffene einen Stock, was bisweilen, aber nicht oft vorge-

kommen ist, und droht oder haut und sticht er auch seinerseits, so ist das schon ganz sicher Spiel; kommt aber dabei ein Mißverständnis vor und wird es ernst, so liegen die Waffen gleich am Boden und einer fällt über den andern mit Armen, Füßen und Zähnen her. Ob es sich um Spiel oder um Ernst dabei handelt, ist schon am Tempo sofort zu erkennen: Das Fuchteln mit Stöcken geht etwas ungeschickt und vergleichsweise langsam vor sich, wird Ernst aus dem Spiel, dann fährt der Schimpanse ohne Ausnahme wie ein Blitz auf den Gegner und hat gewiß keine Zeit für Stöcke.

Soll jemand, der jenseits des Drahtgitters sich befindet, durchaus geärgert werden — und es ist wahrhaftig eines der größten Vergnügen der Schimpansen, einander oder andere Wesen zu ärgern —, so kann das schon dadurch geschehen, daß man vorsichtig heranschleicht und unversehens und plötzlich gegen das Gitter anspringt; aber viel mehr Freude macht es anscheinend, einen spitzen Stock beim Anschleichen mitzunehmen und ihn dem ahnungslosen Opfer plötzlich an die Beine, in den Leib oder, wohin es trifft, zu rennen. In dieser häßlichen Kunst ist wieder Grande Meisterin; Zuschauer, Hunde und Hühner sticht sie, sobald die Gelegenheit sich bietet. Weshalb? Nur Gassenjungen, welche an fremden Häusern klingeln und dann fortlaufen oder andere derartige Dinge treiben, können vielleicht diese Frage beantworten.

Das Stechen der Hühner ist in den Wochen, in denen diese Schrift abgeschlossen wird, beherrschende Mode geworden. Wie es dabei zugeht, das charakterisiert die Tiere zu gut, als daß ich es übergehen dürfte; ich bemerke ausdrücklich, daß hier jede der mitgeteilten Beobachtungen fortwährend nachgeprüft wurde. — Wenn die Schimpansen ihr Brot essen, sammeln sich regelmäßig die Hühner des Nachbargrundstückes am Gitter, vermutlich, weil bisweilen Krumen durch die Maschen des Netzes fallen, die sie dann aufpicken. Da die Schimpansen sich ihrerseits für die Hühner interessieren, so macht es sich, daß nun die Affen ihr Brot dicht am Gitter zu verzehren pflegen und dabei die Vögel mustern oder auch durch einen Tritt gegen das Netz verscheuchen. Daraus haben sich drei Spiele entwickelt, die ich nicht für möglich halten würde, wenn sie sich nicht Tag für Tag vor meinen Augen wiederholten: 1. Der Schimpanse hält zwischen einem Biß und dem nächsten sein Brotstück in die weite Masche des Netzes, das Huhn nähert sich zum Picken, und wie es gerade zufahren will, zieht der Affe das Brot schnell wieder fort. Dieser Spaß wird an einem einzigen Mittag wohl an die 50 Male ausgeführt, mehrdeutig ist an ihm durchaus nichts; der Affe, dem kein Huhn nahe genug ist, beugt sich mit dem Brot in der Hand weit seitwärts bis an eines heran und wartet, den Köder in eine Masche gedrückt. Doch würden vielleicht sogar die Hühner nach ein paar Malen klug werden, wenn nicht zum mindesten *einer* der Schimpansen es noch weiter triebe. — 2. Rana, die Dümmste, füttert ohne jeden Zweifel die Hühner wirklich und durchaus absichtlich. Mitten in dem eben beschriebenen Spiel, an dem sie sich auch beteiligt, hält sie ihr Brot eine Weile in die Maschen und läßt ein Huhn eine ganze Reihe von Malen davon picken; dabei ruht ihr Blick mit einem Ausdruck von schlaffer Gutmütigkeit auf dem pickenden Tier. Da sie die Erschütterung jedes Pickens in der Hand fühlen muß, außerdem gerade den Vorgang betrachtet und dabei das Brot doch weiter ans Gitter hält, bis sie wieder selbst abbeißen möchte, so kann man wohl nur von Füttern des Huhnes sprechen. Wer, wie es merkwürdigerweise vorkommt, die höheren

Tiere und besonders die Anthropoiden mit einer gewissen Gereiztheit betrachtet, kann übrigens einen Trost darin finden, daß es sich um ein Spiel und nicht das Ergebnis altruistischer Entschlüsse dabei handelt, sowie, daß der Vorgang selten ist und auch bei Rana zu weichen droht vor einer letzten Modifikation[1]. — 3. Das Huhn wird mit dem Brot am Gitter nähergelockt, aber in dem Augenblick, wo es arglos zupicken will, rennt ihm die freie Hand desselben Schimpansen oder ein anderer, der daneben hockt, einen Pfahl oder, noch schlimmer, einen starken Draht in den ungeschützten Leib. Wenn zwei Schimpansen mit verteilten Rollen dies Spiel treiben, so haben sie sich gewiß nicht vorher verabredet; die Umstände bringen es so mit sich, daß die Tätigkeit von zweien zusammenpaßt; sie verstehen das und bleiben dabei.

Das Schlagen und Stechen mit dem Stock geht häufig in Werfen über. In großer Freude, z. B. wenn besonders schönes Futter gebracht wird, pflegt ein Tier das andere (oder anwesende Menschen) vor Erregung herumzuzerren, spielend zu beißen u. dgl. Chica nimmt in solchen Fällen gern einen Stock und schleudert ihn nachdrücklich auf Tschegos breiten Rücken. Dasselbe kommt oft genug im Spiel vor. Eine Zeitlang hatte ebenfalls Chica die Angewohnheit, an ruhig dasitzende Tiere, besonders wieder Tschego, von hinten heranzukommen, mit dem Geschoß in der Hand, dieses aus nächster Nähe zu schleudern und dann geschwind zu flüchten. Außer Stöcken werden Rollen aufgewickelten Drahtes, wie sie als Abfall daliegen, Blechbüchsen, Hände voll Sand, aber mit besonderer Vorliebe Steine der verschiedensten Größen verwendet. Wenige Tage, nachdem wir die Station übernommen hatten, kletterte Tercera, einen Stein in der Hand, an einem Dachträger empor und warf so richtig nach einem der noch nicht recht anerkannten Neulinge, daß der Stein dicht an dessen Kopf vorüberflog. Damals wurde indessen sonst noch nicht sehr gut geworfen, gerade Tercera traf im Spiele meistens nur ungefähr die Richtung des Zieles, bisweilen flog der Stein vorzeitig aus der fuchtelnden Hand, und wie beim

[1] Nach Abschluß dieser Schrift: Der Vorgang wurde nochmals beobachtet. Alles geschah, wie beschrieben, nur kam als neuer Zug hinzu, daß erst Sultan und später Tercera Brotstücke nahmen, sie den Hühnern hinwarfen und dann mit großem Interesse zusahen, wie diese daran herumpickten. Das Werfen dabei war durchaus verschieden von dem weiterhin zu beschreibenden beim Angriff; statt eines Schleuderns mit Angriffsbewegungen ein ruhiges Hinwerfen unter gespanntem Hinschauen nach den herbeieilenden Hühnern. Nocheinmal — ich hätte selbst nichts Derartiges erwartet; aber weder an der Tatsache noch an dem Sinn des Spieles bleibt der mindeste Zweifel. Mit anderer Nahrung als dem etwas gleichgültigeren Brot wird freilich nicht so gespielt. — Wie die Schimpansen bisweilen einander von ihrem Futter abgeben, dürfte in der ersten Stationsschrift genügend beschrieben sein.

menschlichen Kinde dauerte es einige Zeit, bis die erforderliche Geschicklichkeit von Arm und Hand erreicht war. Im Sommer 1915 wurde das Steineschleudern so sehr Mode, daß ich bisweilen in einer Viertelstunde über zehn Steinwürfe zählen konnte, die Mehrzahl allerdings von einem und demselben Tier, der Turnerin Chica, welche allmählich sehr gut treffen gelernt hatte und diese Kunst an ihresgleichen wie am Menschen mit gleicher Freude übte. Manche Tiere werfen dagegen nie oder fast nie; so habe ich Tschego nicht dabei beobachten können, obwohl gerade sie als ein recht gefährliches Tier, nur durch Steinwürfe von uns bestraft werden kann, wenn sie gebissen oder sich sonst vergangen hat; aber anstatt nun auch ihrerseits nach uns zu werfen, nimmt sie den Stein, der sie getroffen hat, und beißt grimmig darauf[1]. Auch die kleinen Tiere müssen durch Steinwürfe verjagt werden, wenn sie (wie beim Ausbrechen hoch am Dach) durchaus nicht anders zu erreichen sind; aber man wirft doch vorsichtig, und so kam es, daß Chica sich angewöhnen konnte, die Steine oben aufzufangen und sofort mit weit geringerer Vorsicht zurückzuschleudern. Denn im Gegensatz zur Verwendung des Stockes als Hieb- und Stichwaffe zeigt das Schleudern von Steinen u. dgl. eine starke Tendenz, auch in großem Zorn, in der Form ernsten Waffengebrauches also, vorzukommen. Genau wie wir, wirft übrigens der Schimpanse nicht nur nach Objekten, die er wirklich treffen kann, sondern ebensogut z. B. gegen das Gitter, wenn jenseits ein scheltender Mensch, ein knurrender Hund usw. steht. Was im Augenblick vor allem erforderlich ist, nämlich eine heftige Entladung in Richtung des Ärgererregenden, wird ja auch so geleistet.

Da wir uns mitunter gezwungen sehen, mit Steinen nach den Tieren zu werfen, so ist es durchaus möglich, daß diese bei gleichem Tun nicht ganz unabhängig von unserm Vorbild sind. Indessen würde man irren, wollte man annehmen, daß diese Beeinflussung allein das Steinewerfen der Tiere einfach hervorgerufen habe. Um hier und in manchen Fällen sonst den Werkzeuggebrauch der Schimpansen recht zu verstehen, muß man folgende Erfahrungen wohl beachten:

Tschego wirft nicht mit Steinen; aber wenn sie gescholten wird, so kann man bisweilen sehen, wie sie im Grimm, stampfend und den Kopf

[1] In Erwartung eines Wurfes werden die Arme vor den Kopf gehalten, auch wird dem Feind der Rücken zugekehrt; das Vorhalten der Arme erfolgt auch auf einen erschreckenden Knall von Raketen oder Schüssen hin.

auf und nieder werfend, nicht nur mit ihren langen Armen Schlag- und Greifbewegungen auf den Scheltenden zu macht, sondern auch dabei in Kräuter hineingreift, sie heftig hin und her, auf und nieder reißt, so daß die Stücke um sie herumwirbeln. Hat sie ihre Decke gerade bei sich, so schlägt sie bei gleichem Anlaß rasend mit dieser auf den Boden, aber immer — und das gilt auch vom Reißen und Schleudern im Kraut — haben diese Ausbrüche, physikalisch und physiologisch gesprochen, eine starke Komponente auf den Feind zu; man kann noch nicht von »Werfen oder Schlagen nach diesem« sprechen, aber das Tier ist sichtlich auf dem besten Wege, eine Waffe zu gebrauchen. Die Erregung, die sich in Raufen und Schlagen an der mobilen Umgebung äußert, hat zugleich eine natürliche und starke Tendenz, Innervationen in einer ausgezeichneten, nämlich der feindlichen Richtung hervorzubringen. Daß aber diese Formen der Wutäußerung irgend etwas mit menschlichen Vorbildern zu tun hätten, halte ich für durchaus unwahrscheinlich; in einem solchen Zustande fällt sicher Nichtschimpansisches, sollte es einmal angenommen sein, gänzlich wieder ab. Auch das primitive Schleudern der Kleinen, wie es in der ersten Zeit bisweilen vorkam, sah fast einer heftigen Gefühlsäußerung ähnlicher als einem Waffengebrauch in unserm Sinn; dem widerspricht durchaus nicht, daß sie bereits ungefähr in Richtung des Angegriffenen warfen: der ist eben »Gefühlsobjekt«[1].

Zornige Erregung ist jedoch gar nicht der günstigste Fall für die Beobachtung der sehr allgemeinen Erscheinung, um die es sich hier handelt; an sich vielleicht schwächere Affekte, die aber länger andauern als der schnell vergängliche Zorn, haben mehr Zeit, alle in ihnen liegenden Möglichkeiten zu entwickeln.

Ein Schimpanse wird allein eingesperrt; die Kameraden kommen nicht gleich an sein Gitter, an sein Fenster, um ihn zu umarmen, wie er jammert und heult; da streckt er die Arme mit bittenden Bewegungen hinaus in ihre Richtung, und wie sie noch nicht kommen, stopft er seine Decke, Stroh, oder was sonst in seinem Raume liegt, zwischen den Stäben hindurch und schwenkt das alles in der Luft, aber immer nach den andern

[1] An einem kleinen sehr lebhaften Orangmädchen wurden inzwischen (1916) alle Schattierungen vom ärgerlichen Herummachen mit Komponente auf den Feind bis zu vollendeter Waffenverwendung beobachtet.

zu; schließlich, in dem größten Kummer, wirft er einen Teil der ihn umgebenden Mobilien nach dem andern in Richtung seiner Sehnsucht hinaus.

Sultan ist isoliert und muß zu Versuchszwecken ein wenig hungern; er sitzt klagend hinter seinem Gitter, während die andern fressen, konzentriert aber sein Jammern und Bitten bald auf Tschego, die mit einem großen Haufen Bananen in der Nähe hockt und sonst schon aufgestanden und herangekommen ist, um ihm von ihrem Überfluß abzugeben. Zuerst heult er nach ihr hin und streckt die Arme auf sie zu, auch wenn sie ihm den Rücken zuwendet, allmählich beginnt er aufgeregt zu hopsen und seinen Kopf hastig zu kratzen; kommt sie immer noch nicht, so schlägt er wohl an die Wand, die draußen an sein Gitter anschließt, oder auf den Boden, soweit er sich nach Tschego hin vorrecken kann; schließlich ergreift er Halme und Stöckchen und angelt in der Wunschrichtung, aber im Leeren, nimmt Steinchen und wirft sie, nicht nach Tschego, wie um sie zu treffen, sondern ein kurzes Stück in der Richtung auf sie zu.

Früchte liegen wie in vielen Versuchen jenseits des Gitters; das Tier hat keinen Stock, der genügend lang wäre. Zuerst greift es vergeblich hinaus und gibt erst nach einer Weile die nutzlosen Bemühungen auf. Aber der Hunger wächst, und schließlich fährt es wieder mit dem Arm durch das Gitter, ergreift Stäbchen und schiebt sie mit den Fingerspitzen auf das Ziel zu; am Ende wirft es sie, sowie Steinchen, Halme, kurz wieder alles Mobile klagend in der Richtung der Früchte hinaus. —

In allen drei Fällen ist keineswegs notwendig, auch gar nicht die Regel, daß der Zustand des Tieres in ohnmächtige Wut übergeht; sie sind dabei nicht zornig, sondern sehnen sich und wünschen.

Danach veranlaßt ein Wunsch, der räumliche Richtung hat, aber längere Zeit nicht erfüllt werden kann, schließlich Aktionen in jener Richtung ohne viel Rücksicht auf praktischen Wert. Zwar kann Tschego durch Sultans Verhalten aufmerksam werden, aber da ebenso wie Tschego eine nicht erreichbare Frucht behandelt wird, so ist eine rein praktische Deutung im angedeuteten Sinn allein nicht ausreichend, und man wird sagen müssen: In starkem Affekt ohne Lösung muß das Tier etwas in der Raumrichtung tun, in der sein Wunschobjekt sich befindet; es muß sich schließlich irgendwie mit diesem in Verbindung setzen, wenn auch nicht praktisch-erfolgsmäßig, muß irgend etwas zwischen sich und ihm vollziehen, und wäre es so wertlos wie das Hinschleudern von beweg-

lichen Gegenständen seiner unmittelbaren Umgebung. Alle Gefühle mit Raumrichtung haben die gleiche Eigenschaft (vgl. oben Zorn)[1]. — Es ist hier nicht der Ort zu zeigen, wie menschliche Kinder in ähnlichen Lagen dasselbe Verhalten beobachten lassen[2], und Erwachsene nur durch erworbene Hemmungen daran verhindert werden, solange der Affekt nicht zum Äußersten anwächst.

Die Schimpansen machen von früher Jugend an Nester. Das erwachsene Tschegoweibchen leistet hierin das Ordentlichste und Beste: Findet es abends auf seinem Schlaftisch Stroh aufgeschichtet, so setzt es sich darauf, biegt eine Handvoll vom Rande schräg nach innen und setzt sich oder wenigstens seinen Fuß auf das umgebogene Ende; das wird eine Weile ringsum fortgesetzt, bis ein Gebilde, ähnlich dem Storchnest, fertig ist; die Decke wird oft grob hineingeflochten, wenn es kalt ist, zum Einhüllen gebraucht. Die Nester der jungen Tiere sind noch wesentlich unordentlicher und lockerer, das sorgfältige Umlegen des Randes fehlt meistens ganz. Geben sie sich einmal etwas größere Mühe, so sehen ihre Bewegungen beim Nestbereiten denen von Tschego ähnlich bis in kleine Züge, die durchaus nicht vom Material abhängen[3]. — Spielerisch werden Nester oft am Tage gebaut oder wenigstens angedeutet; eine große Menge verschiedener Dinge, Stroh, Gras, Zweige, Zeuglappen, Seile, ja Drähte werden anscheinend nicht dann zusammengerafft und verwendet, wenn das Bedürfnis nach einem Nest besteht, sondern lösen eher bestimmte Formgebungen aus, wenn sie da sind. Man kann z. B. sehen, daß Grünfutter in Ranken, ob es nun gewachsen vor den Tieren steht oder abgeschnitten herbeigebracht wird, damit sie es essen, auf dem Wege zum Mund gewissermaßen abirrt und als Nestanfang hingelegt wird; es läßt sich nicht behaupten, daß das sehr schön aussähe, ja mitunter wird man geradezu

[1] Bei Furcht ist die Aktionsrichtung genau um 180° gedreht, aber bekanntlich wieder sehr fest. Als müßten sie Kraftlinien folgen, rennen manche Tiere gerade vor dem Automobil und in seiner Fahrtrichtung fort, obwohl schon eine kleine Abweichung sie viel eher retten würde.

[2] Vgl. jedoch unten S. 193.

[3] Die Kleinen können höchstens in vereinzelten Fällen und ohne gleichzeitige Gelegenheit zum Nachahmen das Nestbauen Tschegos gesehen haben. Ich meine, sie brauchen dies Vorbild gar nicht.

an Gewöhnungsdummheiten der Schimpansen erinnert, wie sie bisweilen vorkommen und später beschrieben werden, oder auch an »fixe Ideen« bei Menschen. Jedenfalls sieht das Verhalten derselben Tiere bei der klaren Lösung einer Aufgabe ganz anders aus. — Handelt es sich um Material von Rankenform, und es ist wenig davon da, so zeigt sich die merkwürdige Erscheinung, daß keineswegs eine notdürftige Unterlage für den Körper beim Hocken zuerst hergestellt wird, sondern daß die Hauptsache ein Ring um das Tier herum ist, der allemal zu Anfang gebildet werden muß und, wenn das Material nicht ausreicht, ganz allein entsteht. Dann sitzt der Schimpanse zufrieden in seinem mageren Kreis, ohne ihn überhaupt zu berühren, und wüßte man nicht, daß ein Nestrudiment vorliegt, so könnte man meinen, das Tier bilde spielerisch die geometrische Form um ihretwillen. Stellt man einen Baum mit Laub fest auf dem Spielplatz der Tiere auf, so beginnt das Nestmachen unter Einbiegen der Zweige und Festlegen durch das Körpergewicht (vgl. oben) nach wenigen Augenblicken wie eine chemische Reaktion. Koko, der Winzige, der schon Monate von Afrika und schimpansischen Vorbildern entfernt war, konnte noch schlecht auf einen Baum hinaufkommen, als er aber 3 m hoch war, knickte er die Zweige um und machte sofort ein Nest. Danach kann hier einmal von der Äußerung eines »Instinktes« die Rede sein, während die Schimpansen sonst nicht viel beobachten lassen, was auf diesen Namen eines völlig ungeklärten Rätsels Anspruch hätte[1]. Sie stellen jedenfalls nicht die Tierform dar, bei der man die Untersuchung dieser Frage beginnen muß.

Eine große Anzahl verschiedener Gegenstände wird gern am eigenen Körper irgendwie angebracht. Fast täglich sieht man ein Tier mit einem Seil, einem Fetzen Zeug, einer Krautranke oder einem Zweig auf den Schultern dahergehen. Gibt man Tschego eine Metallkette, so liegt diese sofort um den Nacken des Tieres, Gestrüpp wird mitunter in größeren Mengen auf dem ganzen Rücken ausgebreitet getragen. Seil und Zeugfetzen hängen dabei gewöhnlich zu beiden Seiten des Halses über die Schultern zu Boden; Tercera läßt Schnüre auch um den Hinterkopf und über die Ohren laufen, so daß sie zu beiden Seiten des Gesichtes herunterbaumeln. Fallen

[1] Geburt und Säuglingspflege habe ich leider noch nicht gesehen.

die Dinge immer wieder ab, so werden sie auch mit den Zähnen gehalten oder unter das Kinn geklemmt, aber baumeln müssen sie auf jeden Fall. — Sultan hatte sich einmal angewöhnt, leere Konservenbüchsen umherzutragen, indem er von der offenen Seite die Wand zwischen die Zähne nahm; die stramme Chica findet gerade eben (1916) Gefallen daran, auf dem Rücken schwere Steine zu befördern, sie fing an mit 4 deutschen Pfunden, und ist soeben bei einem kräftigen Lavastück von 9 Pfund angekommen.

Die Bedeutung dieser Dinge geht aus den Umständen und dem Verhalten der Tiere unzweideutig hervor: Sie spielen, und zwar nicht allein mit dem Gegenstand, den sie an sich hängen haben, sondern in der Regel auch mit den anderen Tieren; das Vergnügen dabei wird sichtlich durch die Drapierung erhöht. Man sieht zwar einen Affen nicht selten allein und doch behängt einhergehen, aber auch dann ist das Gebaren des Tieres meist spielerisch-wichtig oder mutwillig, wie das sonst gilt, wenn ein behängter Schimpanse mit allen Zeichen der besten Laune zwischen den andern herumstolziert oder wie drohend auf sie zugeht. Das erwachsene Tschegoweibchen ist oft behängt, wenn es im größten Behagen, den Kopf mit weit offenem, aber — ganz im Gegensatze zum Angriff — in allen Muskeln schlaffem Munde auf und nieder schleudernd, mit mehreren der kleinen Tiere im Kreise herumtrottet: Daß die Gesellschaft dann wirklich spielt, wird niemand verkennen, der sie unter heftigem Stampfen des großen Tieres bei jedem oder nur jedem zweiten Schritte[1] und übertriebener Akzentuierung der Gangbewegungen bei den andern ihren Kreis hintereinander her marschieren sieht. Ebenso trug Sultan zur Zeit jener Mode seinen Blechtopf vornehmlich im Munde, wenn er in spielender Drohung auf einen der Genossen oder auf Zuschauer jenseits des Gitters zuging.

Ein einziges Beispiel, in welchem von Frohsinn und Spiel nichts zu bemerken war, beobachtete ich an Tschego, als sie eines Abends nicht zu gewohnter Stunde in ihren Schlafraum kam, sondern allein draußen bleiben mußte, während es immer dunkler und kälter wurde. Sie fing natürlich an, ein Nest zu machen, aber immer wieder wurde ihr ungemütlich, und sie streifte unruhig auf dem Platz umher; schließlich las sie alles, was von trocknen Blättern, Ranken u. dgl. zu finden war, sorgfältig auf und legte es sich auf den Rücken. Sie war dabei dauernd in schlechtester Stimmung.

[1] Daß Tschego im Kreisspiel das Gehen rhythmisch zu stilisieren anfängt, ist ebenso gewiß wie die Tatsache, daß es ihr in andern Fällen mehr auf die Raumform der Körperbewegung ankommt, während der Rhythmus zurücktritt. Ich berichte hiervon in anderem Zusammenhange mehr.

Sehen wir von Sultans Blechtopf und Chicas Athletenstein ab, bei denen starke Zweifel möglich sind, so gilt von den meisten übrigen Fällen — und der Zuschauer kann sich diesem Eindrucke durchaus nicht entziehen —, daß die am Körper hängenden Gegenstände Schmuckfunktion im weitesten Sinne haben. Das Trotten der behängten Tiere sieht nicht nur mutwillig aus, es wirkt auch als naiv-selbstgefällig. Freilich darf man kaum annehmen, daß die Schimpansen sich eine optische Vorstellung von ihrem eigenen Aussehen unter dem Einflusse der Toilette machen, und nie habe ich gesehen, daß die äußerst häufige Benutzung spiegelnder Flächen irgend Beziehung auf das Behängen angenommen hätte; aber es ist sehr wohl möglich, daß das primitive Schmücken gar nicht auf optische Wirkungen nach außen rechnet — ich traue so etwas dem Schimpansen nicht zu —, sondern ganz auf der merkwürdigen Steigerung des eigenen Körpergefühls, Stattlichkeitseindrucks, Selbstgefühls beruht, die auch beim Menschen eintritt, wenn er sich mit einer Schärpe z. B. behängt oder lange Troddelquasten an seine Schenkel schlagen. Wir pflegen die Selbstzufriedenheit vor dem Spiegel zu erhöhen, aber der Genuß unserer Stattlichkeit ist durchaus nicht an den Spiegel, an optische Vorstellungen unseres Aussehens oder an irgend genauere optische Kontrolle überhaupt gebunden; wie sich so etwas mit unserem Körper mitbewegt, fühlen wir ihn reicher und stattlicher[1]).

Sultan mit der Blechbüchse im Munde stößt, wenn er auf andere Tiere oder auf Menschen zukommt, oft dunkle Laute aus, die in dem Hohlraum einen noch dunkleren Widerhall finden. Ist es hierbei noch fraglich, ob die akustische Wirkung der Büchse bemerkt und dann absichtlich ausgenutzt wird, so scheint doch gerade auf diese viel anzukommen, wenn einige der Tiere im Zustande der Erregung eine Kiste, eine Blechtrommel u. dgl. m. hinter sich her am Boden hinziehen und fürchterlich damit rasselnd gegen irgend jemand oder auch eine Wand angehen (vgl. z. B. S. 37 f.). So treibt es besonders Grande, die durch verschiedene Umstände, bisweilen aber ohne für uns ersichtlichen Grund in einen ganz wunderlichen Erregungszustand geraten kann: Sie richtet sich auf, während ihr langes feines Tschegohaar sich nach allen Seiten sträubt, so daß sie wie eine schwarze Puderquaste aussieht, ergreift die Kiste oder den Blechkasten mit einer Hand, tritt funkelnden Auges und etwas nach vorn geneigt von einem Bein auf das andere, wobei im gleichen Rhythmus die Arme und womöglich das Instrument schwingen, und rast nach genügender Vorbereitung plötzlich gegen andere Tiere, gegen Menschen und gegen Wände. Ist das Tier überrannt, ist der Mensch zur Seite getreten oder hat die Holzwand einen donnernden Tritt abbekommen,

[1] Ganz ähnlich sind, wenn ich mich recht erinnere, Ausführungen von H. Lotze im »Mikrokosmos« gerichtet, nur ist dort vom Zylinderhut die Rede, und auch diesen würden die Schimpansen mit Jubel verwenden.

so glättet sich der gesträubte Pelz und die Erregung ist ausgetobt. In diesem Falle hat der Lärm mit Sicherheit etwas zu bedeuten; denn dasselbe Tier trampelt, wenn es grausam und schrecklich tut — in Wirklichkeit ist Grande die gutmütigste Seele — bisweilen so laut wie irgend möglich auf einer Kiste, und umgekehrt kann man sie durch Lärmen, insbesondere Trommeln auf einer Kiste, mitunter in ihren Erregungszustand versetzen. Die Erregungen kommen im Grunde bei den andern auch ähnlich vor, aber nie nimmt der Verlauf des Rausches so dramatische Formen an wie bei Grande, die in den besten Fällen mit ihren abstehenden Haaren und den im Laufe starr abgespreizten Armen wie ein Segler vor voller Windkraft dahinfährt und Unerfahrenen einen gewaltigen Schrecken einflößen kann (vgl. S. 66 f.).

Wohl auch mit dem Behängen verwandt ist das Tragen von allerhand Gegenständen zwischen Unterleib und Oberschenkel. Da werden nicht nur Nahrungsmittel untergebracht, wenn die Hände nicht ausreichen oder zum Klettern freibleiben sollen, sondern ohne äußeren Grund oft auch Büchsen, Hölzer, Steine, Lappen und allerhand Dinge, an denen die Tiere irgendwie Freude haben. Besonders Tschego läuft ganze Tage mit einem eingeklemmten Gegenstand umher, den sie auch nicht entfernt, wenn sie ruhig dasitzt. Einmal war es ein roter Lappen, den sie nicht von ihrem Schoße entfernte, ein andermal ein vom Meere rund und glatt geschliffener Stein. Eine Photographie, die ich ihr gab, um die Reaktion zu beobachten, sah sie eine Weile an — ich lasse hier dahingestellt, in welchem Sinne das geschah —, tastete mit ihren großen Fingern darauf herum und steckte sie dann »in die Hosentasche«. Ist etwas hier untergebracht, so hält es schwer, es wiederzubekommen. Den glatten Stein z. B. hütete das Tier sehr sorgsam; hatte es damit am Boden gehockt, so drückte es ihn vorsichtig fest, wenn es sich erhob und den Platz wechselte; saß es wieder, so griff es oft nach ihm und legte ihn um; auf keinen Fall gab es ihn her, und abends nahm es ihn mit in sein Zimmer und in sein Nest.

Damit, daß wieder ein Spiel vorliegt, ist in diesem Fall nicht alles Notwendige gesagt. Denn man hat zu beachten, daß die Schoßgegend beim Schimpansen in mancher Hinsicht viel mehr als das geometrische Körperzentrum bedeutet, und daß, obwohl die Geschlechtsteile, wenigstens der Weibchen, also auch Tschegos, weit nach hinten verschoben sind, so daß sie eher den Abschluß des Rückens bilden, als daß sie zum Schoß gehörten: Wenn ein kleines Tier z. B. Tschego begrüßt, so legt es meistens — es gibt seltenere Grußformen anderer Art — der Großen die Hand in den Schoß, geht die Armbewegung nicht so weit, so ergreift Tschego bei guter Laune, und wenn es sich um ihre Freundin Grande handelt, recht oft die Hand des anderen Tieres, drückt sie an ihren Schoß und klopft

wohl auch freundlich darauf. Ganz dasselbe tut sie an liebenswürdigen Tagen mit uns, wenn wir an sie herantreten, preßt also die Menschenhand an eben die Stelle zwischen Oberschenkel und Unterleib, wo sie wertvolle Gegenstände einzuklemmen pflegt. Sie selbst legt zur Begrüßung ihre Riesenhand ebenfalls andern an den Schoß oder zum Teil noch zwischen die Oberschenkel, und sie ist geneigt, diesen Gruß ohne weiteres auch auf den Menschen zu übertragen.

Wer in diesem Brauch etwas Schmutziges sähe, der würde den ganz und gar harmlosen Charakter wenigstens dieser Individuen hier verkennen. Die Tiere zoologischer Gärten sollen sich, wie man mir erzählt, bisweilen sehr häßlich benehmen; die hiesigen sind zwar große Schmutzfinken im gewöhnlichen Sinn (obwohl sie soviel Körperpflege treiben) und gewiß starke Koprophagen, aber ihre sexuelle Sauberkeit könnte kaum größer sein; nur den kleinen Koko sah ich in wütendem Hopsen, aber sonst nie, eine offenbar hierbei zufällig entstandene Masturbation vornehmen.

An diese ausgezeichnete Körperstelle, sozusagen das Innerste am Körper, wenn der Schimpanse in der gewohnten negerhaften Art dahockt, werden also jene Gegenstände geklemmt, und es sieht sehr merkwürdig aus, wie gerade das älteste und bei weitem am schwersten zu beeinflussende Tier immer wieder den wertvoll gewordenen Besitz, vor allem Zeugstücke und ähnliches, hier unterbringt.

Als einmal Klumpen weißen Tones auf den Spielplatz gebracht wurden, entwickelte sich ohne irgendwelche Anregung allmählich ein großes Malen, und bekamen die Tiere später wieder Ton, so war nach wenigen Augenblicken dasselbe Spiel im Gange. Wir sahen zu Anfang die Schimpansen den unbekannten Stoff anlecken; wahrscheinlich wollten sie den Geschmack prüfen. Auf das unbefriedigende Resultat hin wischten sie wie sonst in ähnlichen Fällen die vorgestreckten Lippen an dem nächsten besten Gegenstande ab und machten ihn natürlich weiß. Nach einer Weile war jedoch das Anpinseln von Balken, Eisenstangen und Wänden ein ganz selbständiges Spiel geworden, so daß die Tiere den Ton mit den Lippen aufnahmen, weiterhin auch Stücke im Munde zerrieben, dabei anfeuchteten und dann den Brei auftrugen, wieder Farbe machten, wieder malten usw. Es kommt auf das Malen an und nicht darauf, Ton im Munde herumzuschmieren; denn der Malende selbst und die übrige Gesellschaft, soweit sie nicht selbst zu sehr zu tun hat, sehen mit dem größten Interesse auf das Ergebnis. Bald hört auch, wie zu erwarten, die Pinselfunktion der Lippen auf, der Schimpanse nimmt den Tonklos in die Hand und malt

sein Objekt jetzt viel schneller und sicherer weiß. Etwas anderes als große weiße Schmierflecken oder — bei besonders energischer Tätigkeit — eine vollkommen geweißte Balkenfläche ist hierbei freilich noch nicht zustande gekommen. In Zukunft können die Tiere auch einmal andere Farben erhalten. — Tschego streicht neuerdings mit großer Geduld ihre Unterschenkel an, aber in dem dunklen Fell kommt ein rechter Effekt nicht heraus. —

Von dem Anfeuchten und Malen wird natürlich auch die ganze Mundpartie der Tiere allmählich weiß. Während aber bei dem oben geschilderten Behängen mit allerlei Schmuck die Tiere sich spielerisch-wichtig und selbstgefällig gebaren, benimmt sich ein Tier, dessen Gesicht weiß geworden ist, genau wie sonst: Es handelt sich also um ein reines Nebenprodukt des Handwerks, von dem das Tier selbst kaum etwas wissen dürfte.

Das Umgehen der Schimpansen mit Dingen ist durch diesen Bericht zunächst genügend charakterisiert; einige Beobachtungen — über Flechten, Schlüsselgebrauch, Umgang mit spiegelnden Flächen — werden in anderm Zusammenhang mitgeteilt. Was in dem Vorstehenden für ethnologische Fragestellungen von Interesse ist, wird dem Fachmann auch ohne weitere Hinweise auffallen.

4. Werkzeugherstellung.

In allen Intelligenzprüfungen der hier verwandten Art kehrt ein Sachverhalt immer wieder: Betrachtet man ein einzelnes Bruchstück der »Lösungen« genannten Verläufe, z. B. den Anfang, allein für sich und ohne jede Rücksicht auf die übrigen Teile, so stellt es ein Verhalten dar, das gegenüber der Aufgabe, dem Erreichen des Zieles, entweder irrelevant zu sein oder gar von diesem fortzuführen scheint; erst wenn wir statt solcher Bruchstücke den Gesamtverlauf (oder in später zu behandelnden Fällen wenigstens sehr ausgedehnte Teilverläufe) im ganzen betrachten, ist dieses Ganze der Aufgabe gegenüber sinnvoll, und nun nimmt auch jedes der vorher in Gedanken isolierten Bruchstücke als Bestandteil dieses Ganzen, auf dieses bezogen, einen Sinn gegenüber der Aufgabe an.

Nur von einem Bruchstück gilt das nicht, nämlich von dem letzten, in welchem jedesmal auf Grund alles Vorhergehenden das Ziel einfach ergriffen wird; dies Bruchstück ist natürlich auch in isolierter Betrachtung sinnvoll.

Das Gesagte ist nicht Philosophie, auch keine Theorie der wirklich stattfindenden Vorgänge, sondern ein einfacher Satz, den jedermann ohne weiteres zugeben muß, der zwischen »sinnvoll gegenüber einer Aufgabe« und »nicht sinnvoll« zu unterscheiden weiß und geeignete Beispiele rein gegenständlich betrachtet.

Macht ein Mensch oder ein Tier einen Umweg (im gewöhnlichen Wortsinn) zum Ziel, so enthält der Anfang der Bewegung, für sich und ohne Rücksicht auf den weiteren Verlauf betrachtet, mindestens eine Komponente, die gegenüber dem Ziel irrelevant erscheinen muß, bei »starken« Umwegen kann man jedesmal Bruchstücke des Weges angeben, die, isoliert betrachtet, sinnwidrig sind; denn sie führen vom Ziel fort. Fällt die Unterteilung in Gedanken fort, so ist der ganze Umweg und in ihm jedes Stück, als Teil des ganzen Weges, unter den Versuchsumständen sinnvoll.

Hole ich ein sonst nicht zu erreichendes Ziel mit Hilfe eines Stockes heran, so gilt dasselbe: Isoliert und, ohne Rücksicht auf das weitere Verhalten (die werkzeugmäßige Verwendung), ganz für sich betrachtet, ist es gegenüber dem Ziel eine gänzlich irrelevante Bewegung, wenn ich den in der Nähe liegenden Stock ergreife; sie bringt mich, immer natürlich in der fingierten Isolierung gedacht, meinem Ziel nicht im mindesten näher, ist also ohne Sinn in der Situation. In dem Gesamtverlauf belassen, trägt sie dagegen den Sinn eines sachlich notwendigen Teiles in einem sinngemäßen Ganzen.

Die gleiche Überlegung auf andere »Umwege« (im übertragenen Sinn) angewendet, zeigt denselben Sachverhalt bei diesen auf; und eben deshalb nennen wir sie alle »Umwege«.

So liegen die Dinge für eine rein gegenständliche Betrachtung. Wie der Schimpanse in dergleichen Fällen wirklich zu seinen Lösungen kommt, ist eine andere Frage, die hier noch nicht untersucht werden soll. Wohl aber gehen die weiteren Versuche sämtlich darauf aus, Situationen herzustellen, in denen die mögliche Lösung komplexer wird, so daß die gegenständliche Betrachtung des Verlaufs in Bruchstücken noch mehr und noch deutlicher Bestandteile zeigen muß, welche so isoliert genommen, ohne jeden Sinn gegenüber der Aufgabe sind, und ihr gegenüber nur wieder Sinn haben, wenn sie im Gesamtverlauf betrachtet werden. Wie benimmt sich der Schimpanse in derartigen Situationen?

Eine Gruppe solcher Fälle, die im folgenden zu behandeln ist, pflegen wir mit dem Worte »Werkzeugherstellung« zu bezeichnen: Doch ist der Name aus rein praktischen Gründen hier in etwas weiterer Anwendung als gewöhnlich gebraucht; und zwar wird jede Nebenaktion, die ein zunächst in die Situation nicht glatt eingehendes Werkzeug »vorbehandelt«, so daß es verwendbar wird, als eine »Werkzeugherstellung« angesehen. Die Vorbehandlung, welcher Art sie auch sein mag, stellt den neuen Bestandteil dar, welcher, als isoliertes Bruchstück herausgefaßt, mit dem Ziel überhaupt nichts zu tun hat, dagegen ihm gegenüber Sinn erhält, sobald er mit dem übrigen Verlauf, insbesondere der »Werkzeugverwendung« zusammen betrachtet wird.

I.

Nur als schwache Andeutung einer solchen Nebenaktion erscheint es, wenn Chica, im Kampfspiel hinter einem andern Tier herlaufend, einen Stein erblickt, ihn aufheben will, und als er nicht gleich vom Boden losgeht, klaubt, scharrt und zerrt, bis er frei wird; im selben Augenblick ist sie auch schon hinter dem Gegner her und schleudert den Stein nach ihm.

Eine wesentlich bedeutendere Leistung wurde bereits von Teuber beobachtet und kam später noch mehrmals vor: Sultan greift nach Gegenständen hinter einem Gitter und kann sie mit dem Arm nicht erreichen; er geht darauf suchend umher, wendet sich schließlich einem einfachen Schuhreiniger zu, der aus Eisenstäben in einem Holzrahmen besteht, und arbeitet eine Weile daran herum, bis eine der Eisenstangen herausgezogen ist; mit dieser eilt er sofort zu dem etwa 10 m entfernten eigentlichen Ziel und zieht es zu sich heran.

In diesem Fall ist wohl genügend klar, daß der Verlauf, in Stücken betrachtet, sogar mehrere in der Isolierung sinnlose Bestandteile aufweist. 1. Anstatt bei seinem Ziel zu bleiben, geht Sultan von ihm fort; das ist, für sich genommen, sogar sinnwidrig. 2. Er bricht einen Schuhreiniger der Station entzwei; das hat, allein für sich, überhaupt nichts mit dem Ziel zu tun.

Zu beiden Stücken ist jedoch, wie sie im tatsächlichen Verlauf enthalten sind, noch etwas zu bemerken: 1. Das Tier trabt durchaus nicht vom Ziel fort in der freien, unbekümmerten Art, die man in neutralen Momenten an ihm und den andern sieht, sondern es geht fort wie jemand, der eine Aufgabe hat. Und hier bitte ich noch einmal dringend, nicht von »Anthropomorphismus«, von »Hineinlegen in das Tier« u. dgl. zu sprechen, wo nicht der mindeste Grund für derartige Vorwürfe ist. Ich frage: Sieht es anders aus, wenn jemand unbeschäftigt umherschlendert, als wenn er die nächste Apotheke oder einen verlorenen

Gegenstand sucht? Unzweifelhaft sieht es anders aus. Ob wir den Gesamteindruck in den beiden Fällen genau zu analysieren vermögen, ist eine Frage, die mit dieser Tatsache gar nichts zu tun hat. Ich sage nun: Beim Schimpansen treten die beiden hier einander gegenübergestellten Gesamteindrücke genau so auf wie bei Beobachtung von Menschen; und diese Eindrücke, die gar nichts in den Schimpansen Hineingelegtes sind, sondern zur elementaren Phänomenologie des Schimpansenverhaltens gehören, sind gemeint, wenn es einmal heißt: »Sultan trottete munter umher« — das andre Mal: »Er ging suchend über den Platz«. Ist das ein Anthropomorphismus, so enthält auch der folgende Satz einen solchen: »Der Schimpanse hat die gleiche Zahnformel wie der Mensch.« Um gar keinen Zweifel über die Bedeutung des Ausdrucks »suchend umhergehen« zu lassen, füge ich noch hinzu, daß damit über das Bewußtsein des Tieres gar nichts ausgesagt wird, sondern allein über sein »Verhalten«. — 2. Beim Herumarbeiten am Schuhreiniger ist Sultans Tätigkeit ganz auf das Loslösen eines der Eisenstäbe aus dem Brett konzentriert; aber auch so genauer beschrieben bleibt diese Handlung gegenüber dem eigentlichen Ziel irrelevant, solange man sie isoliert betrachtet.

In der Zeit, da Koko seine Kiste nicht mehr zu verwenden wußte, kam er einmal, als das Ziel wieder hoch an der Wand hing, auf dasselbe Verfahren wie Sultan. 4 m entfernt lag vor einer Tür ein Schuhreiniger genau wie der erwähnte. Nach einem langen Blick auf die Kiste, der aber nicht zu ihrer Verwendung führte, wandte sich Koko ab, erblickte den Schuhreiniger, lief hin und begann mit aller Kraft an ihm zu reißen, bis die Nägel, mit denen er befestigt war, endlich nachgaben. Befriedigt schleppte er darauf das schwere Brett auf das Ziel zu, wurde aber unterwegs durch einen Pfiff in der Nähe erschreckt und ließ seine Last fallen, so daß nicht zu ersehen war, was weiter geschehen sollte. Bald darauf aber wandte er sich abermals dem Brett zu, stellte sich auf eine der Längskanten und riß und rüttelte mit aller Macht an den eisernen Stöcken, vermutlich, um sie loszureißen; da er jedoch zu schwach war und auch nicht sehr praktisch zu Werke ging, so mußte er seine Bemühungen schließlich einstellen.

(17. 2. 14.) Jenseits eines Gitters liegt, mit dem Arm nicht erreichbar, das Ziel; diesseits ist im Hintergrunde des Versuchsraumes ein abgesägter Rizinusbaum aufgestellt, dessen Zweige sich einigermaßen leicht abbrechen lassen: Den Baum durchs Gitter zu zwängen, ist wegen seiner sperrigen Form nicht möglich, auch würde nur ein größerer Affe ihn ohne Beschwerden überhaupt bis an das Gitter schleppen können. Sultan wird herbeigebracht, sieht das Ziel zunächst nicht und lutscht, gleichgültig um sich schauend, an einem der Baumzweige; auf das Ziel aufmerksam gemacht, nähert er sich dem Gitter, wirft einen Blick hinaus, dreht sich im nächsten Moment um, geht geradeswegs auf den Baum zu, packt einen dünnen, schlanken Ast, bricht ihn mit scharfem Ruck ab, eilt auch schon ans Gitter zurück und erreicht das Ziel. Der Verlauf vom Umwenden zum Baum bis zum Heranziehen der Frucht mit dem abgebrochenen Ast ist eine einzige, und zwar sehr schnell absolvierte Handlungskette, ohne den

mindesten »Hiatus« und ohne die geringste Bewegung, die nicht, sachlich gesprochen, in die geschilderte Lösung hineingehörte.

Bei einer Wiederholung gleich darauf lief nicht alles so glatt ab, doch war nicht Sultan hieran schuld. Der Ast wurde in Sultans Abwesenheit entfernt, das Ziel erneuert, Sultan wieder zugelassen. Sofort riß er einen zweiten Ast ab, versuchte aber vergeblich, das Ziel damit zu erreichen; denn der Ast hatte vom Absägen des Baumes her einen Knick in der Mitte. Er zog ihn durchs Gitter zurück, biß ihn an der Knickstelle durch und arbeitete mit der einen Hälfte weiter, aber auch das umsonst; denn jetzt war das Werkzeug zu kurz.

Zu dem Durchbeißen an der geknickten Stelle ist zu bemerken: Die kleinen Tiere betreiben es sämtlich als Spiel, mit Strohhalmen in Löchern und Fugen von Wänden herumzustechen; der schwache Strohhalm knickt dabei immerfort ab und ebensooft wird auch durch Abbeißen das Spielzeug wieder brauchbar gemacht, bis es schließlich zu kurz ist. — In dem Versuch ist das Durchbeißen der Knickstelle richtig und falsch zugleich, jenes, weil die Hälfte besser »Stock« im funktionellen Sinn ist, dieses, weil auch ohne Abbeißen die Hälfte als genügendes Werkzeug hätte dienen können, wäre sie lang genug gewesen.

Für den erwachsenen Menschen mit seinen mechanisierten Lösungsmethoden ist in manchen Fällen, und so hier, der Nachweis erforderlich, daß eine Leistung und nicht eine Selbstverständlichkeit vorliegt; daß das Abbrechen eines Astes von dem zunächst gegebenen Baum als ganzen eine Leistung über den einfachen Stockgebrauch hinaus bedeutet, zeigen sogleich Tiere von etwas geringerer Begabung als Sultan, die aber die Verwendung von Stöcken schon kennen.

Am gleichen Tage wird Grande geprüft. Sie greift mit dem Arm hinaus, aber alle ihre Anstrengungen sind vergeblich, sie kommt nicht an. Schließlich tritt sie vom Gitter zurück, wandert langsam durch den Raum und hockt bei dem Baum nieder, an dessen Zweigen sie eine Weile gleichmütig herumkaut. Wenn sie so »am Baum landet« und auch an ihm beißt, so entsteht doch keineswegs der Eindruck, als habe das irgend mit dem Ziel zu tun, welches überhaupt nicht mehr beachtet wird. Nach längerem Warten, währenddessen nicht eine Spur der Lösung zu beobachten ist, wird der Versuch aufgegeben. — Ich erwähne noch, daß Grande älter und viel stärker ist als Sultan, so daß sie mit der größten Leichtigkeit einen Ast abbrechen könnte.

Vier Monate später (16. 6.) wird der Versuch mit ihr wiederholt; ihre Gewöhnung an das Verwenden von Stöcken hat inzwischen sehr zugenommen.

Der Baum, bestehend aus drei nicht weiter verzweigten starken Ästen, die von einem dicken Stamm ausgehen, liegt ganz hinten im Raum, so weit wie möglich von dem Gitter und damit zugleich vom Ziele entfernt (etwa 5 m). Grande versucht zunächst, einen Eisenstab, der als provisorischer Riegelbolzen an einer Tür des Raumes angebracht ist, aus seinen metallenen Befestigungsringen herauszuziehen. Als ihr das nicht gelingt, sieht sie sich im Raume um und bleibt dabei mit dem Blick eine Weile an dem Baum haften, sieht aber dann wieder fort und bemerkt einen Tuchstreifen dicht vor dem Gitter; diesen ergreift sie und macht Anstalten, damit das Ziel heranzuschlagen (vgl. S. 27 unten). Als er ihr fortgenommen wird, rüttelt sie abermals an der Eisenstange, schaut sich, als diese nicht losgeht, wieder den ganzen Raum und besonders im Hintergrunde den Baum an, erblickt einen Stein am Boden, holt ihn ans Gitter und bemüht sich vergeblich, ihn zwischen den Stangen hindurchzuzwängen; sichtlich soll er als Stockersatz dienen. Nach einem weiteren Blick rückwärts geht sie endlich auf den Baum zu, lehnt sich mit einer Hand an die Wand, stemmt die andere und einen Fuß gegen den vordersten der Äste, bricht ihn mit einem Ruck ab, kehrt sofort ans Gitter zurück und erreicht das Ziel. — Zur Erläuterung ist hier zu bemerken: Die schwarze Eisenstange, obwohl praktisch viel stärker befestigt als die Äste am Baum, hebt sich von der Tür aus Holz optisch ohne weiteres als ein selbständiger Gegenstand ab, zumal da ihr eines Ende von der Tür fort in den Raum hineingebogen ist. Einen Ast des Baumes von diesem gewissermaßen als Stock »loszusehen«, ist schon schwerer, und so hat Grande ja auch zweimal den Baum betrachtet, ohne daß dieser Erfolg eingetreten wäre. Von dem Augenblick an, wo sie auf den Baum zugeht, ist dagegen der Verlauf genau so geschlossen und »echt« wie bei Sultan.

(1. 3. 14.) Tschego hat an den vorhergehenden Tagen und sogar am Vormittag vor dem zu beschreibenden Versuch Stöcke als Werkzeug verwendet. — Ein Baum wird etwa 2 m vom Gitter entfernt niedergelegt, dann Tschego in den Versuchsraum gelassen. Sie beachtet den Baum zunächst nicht, sondern geht, als sie das Ziel sieht, wie früher in ihren Schlafraum, holt ihre Decke, stopft sie zwischen den Gitterstäben durch, wirft sie auf das Ziel und sucht es auf diese Weise heranzuziehen. Denn die Decke erlaubt zwei Verwendungsarten, die beide zum Erfolg führen können: Heranschlagen (vgl. S. 27 und 28) und Heranziehen, nachdem die Decke auf das

Ziel geworfen ist. — Das Tuch wird ihr fortgenommen, sie ergreift alsbald den Baum und strengt sich sehr an, ihn, wie er da ist, durch das Gitter hindurchzubringen. Als das nicht gelingt, nimmt sie ein Bündel Stroh in die Hand, führt es »als Stock« hinaus und sucht mit ihm das Ziel heranzuziehen. Wie das Bündel sich zu weich erweist und das Ziel beim Heranziehen nicht mitnimmt, packt sie das Stroh in der Mitte mit den Zähnen, am Ende mit der Hand und biegt die eine Hälfte herüber, so daß ein halb so langes, aber unvergleichlich festeres Bündel, eine Art wirklicher Stock vielmehr, daraus wird; diesen verwendet sie sofort, und zwar, da die Länge noch ausreicht, mehrmals mit vollem Erfolg. — Der Verlauf vom Hereinnehmen des zu weichen Strohbündels bis zur Verwendung des gehärteten ist durchaus einheitlich, er dauert wenige Sekunden. — So hat sich eine andere Art Werkzeugherstellung ergeben, als erwartet wurde; Tschego hat keinen Augenblick Anstalten gemacht, einen Ast des Baumes abzubrechen, dagegen zugleich deutlich gezeigt, daß sie die Stockverwendung an und für sich während des Versuches »präsent hatte«. — Unter dem »Baum« darf man sich hier übrigens nur ein sehr kleines Exemplar vorstellen, das Tschego noch recht gut als ganzes regieren kann. So erklärt es sich, daß sie dieses Ganze als Stock benutzen will; aber daß sie damit ohne weiteres gegen das Gitter fährt, als könnte sie es so hinausbringen, dies grobe Verfahren wird freilich durch die Dimensionen des Bäumchens doch nicht gerechtfertigt.

Am folgenden Tage wird die Prüfung wiederholt; das Bäumchen liegt genau an derselben Stelle wie Tags zuvor am Anfang. — Tschego benutzt ein Strohbündel als Stockersatz, faltet es, als es zu weich ist, ebenso wie im ersten Versuch zu doppelter Dicke und größerer Festigkeit, und als es diesmal auch nach dem Umknicken noch zu biegsam bleibt, wiederholt sie eilig das Verfahren, so daß das Bündel, nun vierfach liegend, außerordentlich fest wird. Zugleich aber ist es nun zu kurz und Tschego bemüht sich bald wieder, den ganzen Baum durch das Gitter zu drängen. Als auch das natürlich nicht gelingt, kehrt sie zur Strohverwendung zurück und sitzt nach vielen Mißerfolgen schließlich still da. Aber ihre Augen wandern und haften bald auf dem Bäumchen, das sie vorher etwas rückwärts hat liegen lassen. Mit einem Male und ganz abrupt packt sie zu, knickt schnell und sicher einen Ast ab und zieht sofort das Ziel damit heran. Zu den früheren Versuchen, den Baum durchs Gitter zu drängen, hat dies Verfahren keine

Beziehung. Beim Abbrechen des Astes kehrt Tschego dem Gitter die eine Seite zu, das Bäumchen berührt das Gitter überhaupt nicht und wird auch weder als ganzes aufgenommen, noch gar auf das Gitter zu bewegt; es handelt sich um nichts als eben um das Abbrechen des Astes.

In diesem Versuch ist wieder besonders auffällig: So lange Zeit hindurch hat sich von der erwarteten Lösung nicht die geringste Andeutung gezeigt; als dann endlich das Abbrechen des Astes ganz plötzlich erfolgt, geht es ohne »Hiatus« in das Hinausführen des entstandenen Stockes über, beides zusammen stellt einen in sich geschlossenen Verlauf dar.

Koko brachte Lösungsversuche dieser Art von vornherein vor, als wir noch gar nicht darauf aus waren, solche Prüfungen mit ihm vorzunehmen. Am ersten Tage seiner Stockversuche (vgl. oben S. 27) hatte er durch eine ungeschickte Bewegung das Ziel noch weiter fortgestoßen, so daß er es mit dem Stock nicht mehr erreichen konnte, und erst recht nicht mit einem Stengel, der in seiner Nähe lag. Er wandte sich also einem Geranienbusch am Wegrande (seitlich) zu, ergriff eine der Ranken, brach sie ab und ging damit zum Ziel hin; unterwegs pflückte er eifrig ein Blatt nach dem andern ab, so daß nur die lange Ranke übrig blieb; mit dieser versuchte er dann (vergeblich) das Ziel heranzuziehen. — Das Abreißen der Blätter ist richtig und falsch zugleich; dieses, weil der Zweig davon praktisch nicht länger wird, jenes, weil so optisch die Längsdimension besser herauskommt und die Ranke hierdurch optisch mehr zum »Stocke« wird. Wir werden noch sehen, wieviel für den Schimpansen (bei seinen Lösungsversuchen im allgemeinen) auf derartige optische Umstände ankommt, die bisweilen geradezu den Sieg über praktische Rücksichten davontragen. — Davon, daß Koko etwa die Blätter nur spielend abrisse, kann nicht die Rede sein; Blick und Bewegungen zeigen deutlich, daß er während des Vorganges schon ganz auf das Ziel gerichtet ist: es handelt sich um eine Vorbereitung des Werkzeugs. Spielen sieht ganz anders aus; auch habe ich noch nie einen Schimpansen, der (wie Koko hier) in seinem Gehaben den fortwährenden Drang nach dem Ziel deutlich offenbart, zu gleicher Zeit spielen sehen.

Zwei Tage später, als gerade die Kistenverwendung verlorengegangen ist, langt Koko zuerst vergeblich mit der Hand nach dem Ziel hinauf; dann sieht er sich suchend um, geht plötzlich auf eine stark bewachsene Laube zu (3 m vom Ziel entfernt), klettert an deren Gestänge in die Höhe bis an eine Stelle, wo eine holzige Ranke aus dem Gezweig optisch stark

hervortritt, beißt die Ranke, deren Ende weithin im Gestrüpp verwachsen ist, erst an einer Stelle, dann etwa 10 cm weiter noch einmal durch, klettert schnell wieder herab, läuft unter das Ziel, bleibt aber hier, ohne das mitgebrachte Stäbchen zu benutzen, etwas verdrießlich sitzen und lutscht an dem Holz herum. Es ist viel zu kurz. — In diesem Fall ist der Verlauf vom Aufbruch zur Laube bis zur Rückkehr unter das Ziel eine geschlossene Abfolge. — Daß ein Schimpanse nach einem Blick auf die zu überwindende Distanz die Verwendung zu kleiner Werkzeuge unterläßt, kann man immer wieder sehen (vgl. oben S. 57); Voraussetzung ist, daß er nicht in starkem Affekt handelt (vgl. oben S. 71).

Die Tiere selbst variieren dies Verfahren und bringen oft unerwarteterweise verwandte Lösungen vor. So sieht man, daß sie, um einen Stock verlegen, auf ein Stück Drahtgeflecht aufmerksam werden, das zum Teil losgetrennt ist und dadurch streifenförmig, also einem Stock entfernt ähnlich, von der Umgebung absteht; sie geben sich dann große Mühe, es ganz abzureißen, und haben wohl auch Erfolg dabei. Viel häufiger kommt es vor, daß sie in gleicher Lage auf eine Kiste, ein Brett u. dgl. zugehen, mit Händen, Füßen und Zähnen einen Holzsplitter abtrennen und diesen dann als Stock verwenden. Fälle, wo das Tier ohne Rücksicht auf das Ziel und nur aus Spielerei an der Kiste, dem Brett herummacht, bis ein Splitter entsteht, außerdem nachher, wenn es wieder auf das Ziel zuwendet, diesen Splitter als Werkzeug benutzt — solche Fälle sind natürlich mit aller Strenge auszuschließen, und ich bin in dieser Schrift so vorgegangen, daß das mindeste Verdachtsmoment als den Versuch entwertend angesehen wurde.

Zu dem Losbrechen von Kistenteilen u. dgl. ist eine Bemerkung zu machen: Für den Schimpansen ist nicht alles ohne weiteres »Teil«, was es für den Menschen ist. Hat eine Kiste ihren Deckel nur noch zur Hälfte, und besteht diese Hälfte aus einzelnen Brettern, so wird sich der Schimpanse nicht immer gleich verhalten, wie immer diese »Teile« zusammenstehen. Sind die einzelnen Bretter so nebeneinander auf die Kiste genagelt, daß sie eine geschlossene Fläche ohne auffallende Fugen bilden, so wird der Schimpanse hier nicht leicht »mögliche Stöcke« sehen, auch wenn er deren dringend bedarf; ist aber das letzte Brett nach der offenen Kistenhälfte hin so aufgenagelt, daß ein Spalt es von dem Nachbarbrett trennt, so wird es alsbald losgerissen (vgl. oben). Es gibt wohl eine Art optischer Festigkeit, die das Abtrennen als Intelligenzleistung ebenso erschwert wie die stärksten Nägel das Losreißen praktisch verhindern. Denn die optische Festigkeit scheint nicht so zu wirken, als ob sie dem Schimpansen sagte: dies Brett sitzt fest — sondern so, daß er überhaupt kein Brett »als Teil« sieht. Wir sind zwar hierin nicht prinzipiell vom Schimpansen ver-

schieden, aber wir trennen doch im Bedarfsfall viel festere optische Verbände auf, oder genauer: Unter gleichen objektiven Bedingungen trennt sich wohl der optische Verband für den erwachsenen Menschen leichter auf als für den Schimpansen, so daß jener im Bedarfsfall viel eher »Teile« sieht als dieser[1].

Mit einiger Reserve möchte ich dem eine noch weiter gehende Bemerkung anschließen: Es scheint nach mehreren Beobachtungen so, als brauche der optischen Festigkeit eine praktische Befestigung (im technischen Sinn) gar nicht zugrunde zu liegen und ein Gegenstand gar nicht »in Wirklichkeit« Teil eines andern zu sein, damit er für den Schimpansen wie festgenagelt an der Umgebung wirkt und überhaupt nicht als selbständiger Gegenstand gesehen wird. Stellt man ein beliebtes Werkzeug, ein Fenstergitter, einen kompakten Tisch o. dgl. so auf, daß dieser Gegenstand sich optimal seiner Umgebung angliedert, z. B. den Tisch sorgfältig mit seiner einen Ecke in den rechten Winkel eines Raumes, das ebene Gitter an eine Wand, so daß es ihr vollkommen anliegt, so kann man bisweilen den nach Werkzeugen suchenden Schimpansen an dem Gegenstand vorbeigehen sehen, als wäre er nicht vorhanden. Dabei ist der Gegenstand nicht etwa versteckt, er bildet nur mit seiner Umgebung ein optisch sehr festes Ganzes. Ich habe nicht viele derartige Erfahrungen machen können, aus dem einfachen Grunde, daß ich Versuchslösungen zunächst nicht verhindern, sondern durch die Umstände einigermaßen begünstigen wollte. Wahrscheinlich wird jeder Experimentator es bei gleicher Absicht ohne viel Überlegung vermeiden, etwa die Kiste, die als Werkzeug in Betracht kommt, in einer Raumecke optisch maximal festzulegen. Geht man dagegen auf theoretische Klärung aus, nachdem man einmal weiß, was der Schimpanse leistet, dann ist jeder Versuch, in welchem es gelingt, die sonst erfolgte Lösung zu verhindern, von der größten Bedeutung.

Das Vorstehende hängt mit Ausführungen M. Wertheimers[2] offenbar zusammen, in denen von der Wirksamkeit ausgezeichneter und zwingender Gestaltseindrücke die Rede ist.

II.

Jenseits des Gitters ist wieder das Ziel außer Reichweite; im Raum selbst liegt dem Gitter nahe ein Stück starken Drahtes, das jedoch oval aufgewunden und deshalb zum stockähnlichen Gebrauch zu kurz ist; außerdem ist von andern Versuchen her noch eine kleine Kiste stehengeblieben (16. 3. 14). Sultan wird herbeigebracht, scheint den Draht nicht zu sehen, bleibt eine Weile ratlos und bricht dann ein Deckelbrett von der Kiste los, mit dem er sogleich das Ziel heranzieht. Da diese Lösung bereits gut

[1] Ist der Gegenstand schon sehr häufig verwendet worden, so mindert sich anscheinend die Wirksamkeit der rein optischen Festlegung stark; es geht damit ebenso, wie mit dem Einfluß des früher erwähnten Entfernungs- und Konfigurationsfaktors (Lage von Ziel und Werkzeug zueinander).

[2] Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. Ztschr. f. Psychologie, Bd. 61, S. 161 ff. Vgl. S. 253 ff. Ich bin bei meinem Thema, auch wo das durchaus nicht zu erwarten war, auf immer neue Beziehungen zu dieser Schrift gestoßen.

bekannt ist, wird das Brett entfernt und ein neues Ziel hingelegt. Sultan sieht sich um, wird aber auf den Draht noch nicht aufmerksam, sondern wendet sich einem halb abgetrennten Stück Drahtgeflecht an der Wand zu, reißt es ab und strengt sich vergeblich an, damit das Ziel zu erreichen; es ist zu kurz. — Nunmehr scheint es genügend klar, daß das Tier den aufgewundenen Draht, der sich schlecht vom sandigen Boden abhebt, überhaupt noch nicht gesehen hat. Es wird eine Aufmerksamkeitshilfe gegeben, indem der Draht ohne besonderen Hinweis, und ohne daß Sultan dabei anscheinend Beachtung fände, einen Augenblick vom Boden aufgenommen und sogleich wieder niedergelegt wird: Das Tier nimmt ihn sofort, reißt ungeduldig und unordentlich mit den Zähnen daran, der Draht biegt sich etwas auf, das Tier ergreift das betreffende Stück mit den Händen, biegt es noch weiter gerade und holt mit dem Draht, der noch halb Rolle und nur teilweise geöffnet ist, das Ziel heran. — Die Lösung ist dem Verlauf nach unzweifelhaft echt, aber das Verfahren beim Drahtöffnen weicht stark von dem eines erwachsenen Menschen ab: Es setzt mit einer Behandlung der Drahtrolle im ganzen ein, so daß in ihrer Längsachse blindlings gezogen wird, ohne Rücksicht auf das Zueinander der Windungen; als dann unter dem Zug der Zähne ein Teil der Rolle (ein freies Ende) sich aufbiegt, wird dieser für sich vollkommen klar weiter gestreckt; während aber der Mensch sich nicht zufrieden geben würde, ohne, sozusagen der Ordnung halber, den Draht zu Ende zu strecken, kennt Sultan offenbar solche Rücksichten nicht, sondern verwendet das Werkzeug, sobald es nur im groben funktionstüchtig ist.

Der frühere Versuch mit dem Turnseil wird erschwert: Zwar befindet sich das Ziel etwa an gleicher Stelle (etwa 2,50 m) vom Turngerüst entfernt, aber das Seil hängt nicht frei herab, sondern ist von seinem Haken aus in drei festen Windungen um den oberen Querbalken gelegt, in dem der Haken festsitzt. Die Windungen verlaufen klar und ordentlich, überschneiden sich nicht und geben für den menschlichen Beschauer ein vollkommen übersichtliches Bild. Das freie Ende des Seiles bildet jetzt den vom Ziel am meisten entfernten Teil und hängt vom Querbalken nur 30 cm herab. — (10. 4. 14.) Sobald Chica das Ziel erblickt, klettert sie auf das Gerüst, packt die mittlere Windung des Seiles unterhalb des Querbalkens an und zieht einmal nach unten, dann ein zweites Mal mit vermehrter Kraft, so daß das recht steife Seil bis auf die eine Windung zunächst dem Haken zu herüber-

schlägt und herabhängt; ohne sich um diese letzte Windung zu kümmern, versucht das Tier jetzt sofort, sich zum Ziel zu schwingen und kommt zweimal hintereinander nicht an, da das Seil so zu kurz ist und nicht recht in Schwung gerät; anstatt dem Mangel abzuhelfen, nimmt Chica ein drittes Mal noch stärker Abstoß am Turngestell, springt bei äußerster Exkursion vom Seil fort, durch die Luft und auf das Ziel zu, packt es und reißt es im Sturz mit herunter. — Von diesem Turnerstück abgesehen, wirkt der Verlauf wie eine Übertragung von Sultans eben beschriebenem Verhalten auf die andere Versuchsart: Die Lösung ist echt, und die energische Bemühung, das Seil herabhängen zu machen, tritt auf, sobald das Tier die Situation überschaut hat; aber auf die Struktur der Windungen nimmt es dabei gar keine Rücksicht, packt einfach mitten in das Seil hinein und reißt nach unten. — Daß die letzte Windung trotz ihrer störenden Wirkung ganz unbeachtet bleibt, macht die Analogie vollkommen. Obwohl es zur Lösung führt, sieht das Verhalten zunächst fahrig und unordentlich aus.

Am gleichen Tage wird auch Sultan selbst geprüft. Er macht von vornherein einen sehr lässigen, trägen Eindruck, bemüht sich wenig um das Ziel, klettert aber nach einem Versuch, Stöcke zum Schlagen zu verwenden, doch auf das Gerüst und schlägt das Seil in fauler Bewegung um eine Windung zurück: Sichtlich ist er nicht recht bei der Sache; gleich danach läuft er überhaupt fort, um zu spielen. Als er nach einer Weile wiederkommt, ergreift er von neuem das Seil, aber an dem frei herabhängenden Ende, so daß beim Ziehen nach unten die Windungen noch fester werden, und zieht ganz matt. — Nach 20 Minuten wird der Versuch als unklar abgebrochen: Das Tier ist zu schläfrig, bei der Mattigkeit aller Bewegungen bleibt unklar, inwieweit sie zusammengehören, was die einzelnen Phasen seines Verhaltens bedeuten[1]. Nach Sultans Art, die Drahtrolle auseinanderzuzerren, besteht jedoch die Möglichkeit, daß das Seil herabgezogen werden sollte, daß aber beim zweiten Male der Angriffspunkt blindlings und ohne jede Rücksicht auf die Struktur, objektiv sogar diesmal strukturwidrig, genommen wurde.

[1] In Hinsicht auf frühere Ausführungen (oben S. 14 f.) ergibt sich die Konsequenz, daß nur mit Tieren in frischem Zustand zu experimentieren ist; doch ist das wohl nahezu selbstverständlich.

Die eifrige Rana läßt es nicht zu solchen Zweifeln kommen. (23. 4.) Das Seil ist (in etwas festeren und engeren Windungen) viermal um den Querbalken geschlagen, die einzelnen Windungen überschneiden oder berühren sich nicht. — Rana erblickt das Ziel, klettert sofort auf das Turngerüst, hängt sich mit den Händen an den Querbalken, dort wo sonst das Seil herabhängt und deutet ganz unverkennbar die Bewegung des Schwungnehmens auf das Ziel hin an. Gleich darauf beginnt sie am Seil nach unten zu ziehen, aber sie packt ganz blindlings zu, erwischt das oberste Stück, welches in Schleifenform über den Haken gelegt ist, und macht, als dieses dem Ziehen nicht nachgibt und die Schleife nur im Haken etwas hin- und herrutscht, sichtlich Anstalten, die Schleife auszuhängen. Das gelingt nicht und sie wendet sich dem freien Ende zu, schlägt dieses einmal, dann noch einmal nach einer Pause richtig herum und bekommt einigermaßen schnell das ganze Seil zu freiem Hängen; sofort sucht sie sich zum Ziel zu schwingen, erreicht es aber, weil die Entfernung etwas groß ist, mehrmals nicht und macht sich von neuem an die Behandlung des Werkzeuges. Das einzige, was man daran noch ändern kann, ist die Schleifenbefestigung, und wirklich läßt Rana nicht eher ab, als bis die Schleife aus dem Haken heraus ist: Anscheinend etwas verdutzt, als das Seil nun ganz frei in ihrer Hand bleibt, nimmt sie es auf den Querbalken hinauf und wickelt es langsam um ihren Hals.

Da Chica und Rana sich in dieser Situation bemühen, das Seil in die Gebrauchslage zu befördern, so ist insoweit der Versuch positiv ausgefallen. Zugleich aber macht man die Erfahrung, daß der eigentlich kritische Teil der Aufgabe gar nicht hierin, sondern in der Bewältigung der Struktur Seil–Balken liegt. Chica mochte zu ungeduldig sein, um das Seil ordentlich abzuwickeln; sieht man aber, wie Rana zu Anfang und gegen Ende des Versuchs mit dem Seil umgeht, so wird man auf eine zweite Möglichkeit gebracht: Rana verhält sich dem aufgewickelten Seil gegenüber nicht, als hätte sie seinen Windungsverlauf in der übersichtlichen Klarheit vor sich, die den erwachsenen Menschen — trotz der Windungen — das Seil von Anfang bis Ende präzis erfassen lässt, sondern so, wie wir ein Fadengewirr sehen. Wie wir da, wenn die freien Enden nicht gleich hervortreten und wir zu hitzig sind, um den Verlauf im einzelnen zu verfolgen, auch einmal blindlings zufassen und zerren, um das Gewirr auseinanderzubringen, ganz so sieht es aus, wenn Rana in die Seilwin-

dungen hineinpackt, und bei Chica könnte außer der sicherlich vorhandenen Fahrigkeit der gleiche Faktor wirksam sein. Es wäre also möglich, daß für den Schimpansen diese relativ einfache Konfiguration schon anfängt »wirr«, in demselben Sinn optisch unerfaßbar zu werden, wie für uns recht viel ungeordnetere Verbände (verfilzte Fäden oder Drähte, aber für den Verfasser auch mitunter schon zusammengeklappte Liegestühle). Dem widerspricht nicht, daß Rana dazwischen einigermaßen schnell das Seil zum Hängen bringt; denn ihre Bewegungen dabei zeigen durchaus keine überzeugende Sicherheit, sehen nicht »planmäßig« aus gegenüber dem Windungsverlauf, und man hat unwillkürlich den Eindruck, das Gelingen sei zum Teil Glückssache. Daß Sultan, wenn schon in schläfrigem Zustande, geradezu strukturwidrig am Seil zieht, bestärkt immerhin den Verdacht, das Erfassen komplexer Formen gelinge dem Schimpansen nicht in demselben Maße wie dem Menschen[1]. — Ich setze als bekannt voraus, daß Kinder bis ins vierte Lebensjahr und noch später aufgewundene Seile ebenso behandeln und vielleicht sehen, wie hier vom Schimpansen vermutet wird; doch zeigen sich wohl individuelle Unterschiede selbst noch unter Erwachsenen.

Das ist noch nicht alles: Wie sich Rana, als sie das Ziel mit dem völlig gestreckten Seil nicht erreicht, oben mit der Schleife zu schaffen macht, scheint sich diese Tätigkeit unmittelbar aus der vergeblichen Bemühung zu ergeben, und so wirkt sie wie ein Versuch, das Hängen des Seiles noch weiter zu verbessern. Deshalb ergibt sich die weitere Möglichkeit: Rana weiß nicht zu unterscheiden zwischen den Windungen, die um den Balken gelegt waren, und der äußerlich ähnlichen, aber an funktioneller Bedeutung ganz verschiedenen Schleife, mit der das Seil über den Haken faßt, oder auch, wie daraus folgt: Rana hat keine Einsicht in die Art, wie das Seil gehalten wird. Ihr erster Versuch, die Schleife abzuhaken, kann noch dadurch erklärt werden, daß die Wirre der Windungen insgesamt einen Fehler bewirkt, den auch der erwachsene Mensch, genügende Verfilzung vorausgesetzt, einmal machen könnte; als das Seil nachher so klar wie möglich hängt und Rana doch ein weiteres »Herunter« an der tragenden Schleife zu erreichen sucht, wird es sehr wahrscheinlich, daß sie nicht versteht (sicherlich nie beachtet

[1] Trotzdem bleibt natürlich richtig, daß die Tiere so grob verschiedene Formen wie Stock, Hutkrempe und Schuh (vgl. oben S. 29) mit der größten Sicherheit unterscheiden.

hat), wie das Seil befestigt ist. Ich erinnere daran, daß schon bei den einfachsten Werkzeugversuchen (Heranholen des Zieles an einem Faden) die Frage offen blieb, ob für den Schimpansen eine Befestigungsart in mehr als grobem optischen Kontakt irgendeines Grades gegeben ist (S. 24).

Möglicherweise können beide Momente, das optische und das technische, innerlich miteinander zusammenhängen, insofern auch die einfache technische Vorrichtung (Schleife über Haken) eine optische Aufgabe der Strukturerfassung (Wertheimer) darstellt, aber das technische Moment hat außerdem Beziehung zu der Frage, wieweit der Schimpanse über Schwere und Fallen von Dingen unterrichtet ist. Das alles muß in weiteren Versuchen näher behandelt werden.

Wie sich Rana zu Anfang, als das Seil noch aufgewunden ist, an den Querbalken hängt, und einen Schwung auf das Ziel zu andeutet, das sieht nicht eigentlich dumm aus, und gewiß nicht so, als wolle das Tier auf diesem Wege das Ziel wirklich erreichen. Vielmehr wird man sofort an das früher (S. 51) berichtete Vorkommnis erinnert, wie Rana eine Kistentür freilegen will, und als sie das nicht fertig bringt, durch die freie Tür einer andern Kiste in der Nähe »wie in Gedanken« hindurchgeht. Auch in dem Fall sieht es gar nicht so aus, als erwarte sie in der andern Kiste das Ziel zu finden oder ihm durch ihre Handlungsweise sonst näher zu kommen. Man könnte, wie der Vorgang für den Zuschauer aussieht, ihr Verhalten am ersten noch als eine Art »Ausdrucksbewegung« bezeichnen, nämlich als Ausdruck eines Zustandes wie: »Darauf, durch die Tür hineinkommen — von hier aus dahinschwingen, darauf kommt es an!« (Die sprachliche Formulierung ist dem Tier ganz versagt; wir sprechen dergleichen vor uns hin, auch wenn niemand uns hört, das Reden uns also gar nichts nützt, aber wir sind eben »voll von der Sache«, und so beginnt unser Mund zu reden; bei Rana reden die Glieder.)

Der beschriebene Versuch wurde erst gemacht, als ein verwandter, aber ungleich schwererer entschieden negativ ausgefallen war. (29. 3.) Der eiserne Haken wird weit aufgebogen, so daß die Seitenschleife ohne jede Mühe abgestreift, wie eingehängt werden kann; das Seil wird abgenommen und genau unter dem Haken in wenigen Windungen auf den Boden gelegt; das Ziel hängt ebenso wie in dem ursprünglichen Seilversuch (S. 46). — Als Sultan herbeigebracht wird, sucht er eine nach der andern seiner bekannten Methoden anzuwenden; er holt Stöcke, Kisten, zieht den Wärter und den Beobachter unter das Ziel — alles wird von uns vereitelt; bisweilen faßt er das Seil an, hebt es auch wohl ein wenig, aber keine seiner Bewegungen deutet die Lösung »Aufhängen« an, vielmehr sieht es aus, als sei er im Begriff, mit dem Seil zu schlagen und werde nur immer wieder durch die Höhe des Zieles davon abgebracht.

Chica wird hinzugelassen. Sie nimmt das Seil wirklich auf, schleppt es sogar mit sich auf den Querbalken, kümmert sich aber um den Haken durchaus nicht, auch sonst nicht irgendwie um den Querbalken, an dem allein das Seil angebracht werden könnte, sondern macht Bewegungen wie zum Schlagen nach dem Ziel. Schließlich hängt sie sich an ein Trapez, das am gleichen Gerüst, aber weit seitlich angebracht ist, nimmt einen schiefen Schwung von größter Kraft auf das Ziel hin, läßt los, fährt weit durch die Luft und reißt im Sturz das Ziel herab. Die normalen menschlichen Begriffe vom Turnen reichen bei der Vorbereitung von Versuchen für Chica nicht ganz aus.

Am Nachmittag war dafür gesorgt, daß das Trapez nicht verwendet werden konnte; aber obwohl das Seil wieder mehrmals von den beiden Tieren angehoben wurde, machte doch Chica sowenig wie Sultan irgend Anstalten, es aufzuhängen, und jene sprang am Ende ohne jedes Werkzeug vom hohen Querbalken in weiter Kurve ans Ziel, das sie auch wirklich im Fallen mit herabreißen konnte.

Zusatz 1916. Dieser letzte Versuch ergibt auch jetzt noch das gleiche negative Resultat (Sultan, Grande, Chica, Rana); dagegen verläuft das Seilabwickeln — der Versuch wurde in der Zwischenzeit nicht wiederholt — bei Chica ganz und bei Rana etwas anders. (8. 3. 16.) Chica erblickt das Ziel, steigt sofort auf den Querbalken hinauf, wickelt mit genau den Bewegungen, die ein erwachsener Mensch im gleichen Falle machen würde, vollkommen ordentlich das Seil ganz ab und schwingt sich dann zum Ziel. — Rana verfährt nicht ganz so klar, aber ebenfalls sicherer als früher. — Der Unterschied kann bedingt sein: durch das größere Alter der Tiere, das die verfügbare Aufmerksamkeit gesteigert, aber auch zu weiterer Ausbildung der Schrindenfunktionen geführt haben kann; durch häufigen spielenden Umgang mit dem Seil in der Zwischenzeit, wobei allerdings zu bemerken ist, daß die Tiere gerade in dem letzten Halbjahr vor dieser Nachprüfung nicht auf dem Platz gehalten wurden, auf dem das Seil hängt. — Danach ist der Zustand optischen Erfassens[1], der in den obigen Erörte-

[1] Es können motorische Faktoren mitwirken; doch werden sie wohl gar zu sorglos verwandt, wenn es gilt, in solchen Fällen Theorie zu machen, und vor allem die Natur dieser Faktoren, sowie ihr Zusammenhang mit der Optik finden bisweilen eine Behandlung, die nicht als Muster empirischen Vorgehens gelten kann. Um so verfehlter dürfte es sein, wenn derartige Theorien geradezu wie erwiesene Tatsachen behandelt werden.

rungen angenommen wurde, in dem Grade nicht notwendig schimpansisch, sondern eine gewisse Besserung (wie sie in ganz anderm Maße beim menschlichen Kinde vor sich geht) auch beim Schimpansen möglich. Leider verbieten mir jedoch die sonstigen Erfahrungen darüber, wie die Tiere mit ganz ähnlichen oder wenig komplexeren Strukturen umgehen, auch jetzt noch, von den vor zwei Jahren gewonnenen Anschauungen irgend wesentlich abzuweichen; auf einen kleinen Gradunterschied kommt vorläufig nicht viel an, und so lasse ich die Ausführungen, wie sie dem ersten Eindruck entsprechen und im Prinzip richtig bleiben.

III.

Das Ziel ist hoch angebracht; einige Meter davon steht eine Kiste, die seitlich offen ist und so sehen läßt, daß sie mit drei schweren Steinen gefüllt ist. (15. 4. 14.) Sultan kommt von der verschlossenen Seite an die Kiste heran und macht sich sogleich daran, sie zum Ziel zu zerren. Als sie sich kaum eben vom Fleck rührt, läßt er los, schaut hinein und nimmt einen der Steine sorgfältig heraus. Dann beginnt er wieder mit großer Anstrengung zu ziehen, gibt es auf und holt den zweiten Stein aus der Kiste. Ohne sich um den dritten zu bekümmern, zerrt er nun weiter und bringt auch die Kiste schnell unter das Ziel. — Der Versuch wird sofort wiederholt: Sultan zieht zuerst an der Kiste, holt dann einen Stein hervor und zerrt die beiden übrigen mit unter das Ziel, obwohl er sich dabei gründlich anstrengen muß. — Ein dritter Versuch fällt genau aus wie der erste. Beim vierten Male zieht Sultan einen Augenblick, packt dann alle drei Steine hintereinander in einem Zuge aus usw. — (16. 4.) Vier Steine liegen in der Kiste. — Sultan zieht kurz an ihr, wälzt darauf alle vier Steine in einigermaßen schwerer Arbeit nacheinander heraus und erreicht das Ziel mit der leeren Kiste.

Einen Monat später (29. 5.) wird (in anderer Umgebung) das Ziel wieder hoch angebracht und die Kiste, diesmal mit Sand bis an den oberen Rand (sie ist oben offen) gefüllt, in großer Entfernung aufgestellt. Sultan geht sogleich auf die Kiste zu, fährt mit beiden Händen hinein und schaufelt eifrig den Sand heraus. Nach einer Weile, als noch reichlich Sand darin ist, fängt er wieder an zu ziehen, wirft dabei, wohl zufällig, die Kiste seitwärts um, so daß mehr von der Last herausfällt, kann aber immer noch nicht recht vom Fleck kommen, da der Rest allein schon

ein tüchtiges Gewicht darstellt. Er kramt also wieder mit beiden Händen aus, doch zerrt er die Kiste schließlich unter das Ziel, ohne sie ganz auszuleeren und hat infolgedessen einige Mühe damit.

Man darf nicht meinen, der Schimpanse werde immer, wenn er Steine in irgendeiner Kiste sieht, mit Auskramen anfangen: Sultan nimmt die Steine jedesmal heraus, wenn sein Zerren an der Kiste vergebens war, und zeigt ja auch eine starke Tendenz, diese »Nebenaktion« auf das notwendige Minimum zu beschränken. Im übrigen belehrt uns auch hier ein Versuch mit weniger begabten Tieren.

(18. 4.) Chica ergreift die Kiste, welche drei Steine enthält, und zerrt sie, ohne wegen des ungewohnt schweren Gewichtes irgend Nachforschungen an ihr vorzunehmen, mit äußerster Anstrengung unter das Ziel. Bei Wiederholung des Versuches ist das Gewicht um einen kräftigen Stein vermehrt, der zu Beginn vor Chicas Augen in die Kiste gelegt wird: Sie zerrt und zerrt, ohne vom Fleck zu kommen, und gibt schließlich die erfolglose Bemühung auf, ohne die Steine überhaupt berührt zu haben[1].

Statt der Kiste soll die Leiter benutzt werden, die in einiger Entfernung, mit sechs schweren Lavablöcken bepackt, am Boden liegt. (14. 5.) Grande versucht mit äußerster Anstrengung, die Leiter unter das Ziel zu zerren. Als das nicht gelingt, schleppt sie einen und gleich darauf noch einen der Blöcke hin und benutzt sie als Kistenersatz. Sie kommt nicht an, packt wieder die Leiter, schleppt diese mitsamt den daraufliegenden Steinen an der Erde hin, bis nahe an das Ziel heran, und richtet sie in der merkwürdigen Weise auf, von der später die Rede ist; erst hierbei fallen die Steine herunter. — Die ersten beiden Steine sind bestimmt nicht von der Leiter fortgenommen worden, um diese zu erleichtern, sondern sollten von vornherein als Baumaterial unter dem Ziel dienen; das Herunterheben und Zum-Ziele-Schleppen sind eine geschlossene Abfolge. — Weder während des Heranziehens noch beim Aufrichten der Leiter kommt irgendeine Bewegung vor, die darauf gerichtet wäre, die übrigen Steine zu beseitigen, so daß diese schließlich nur fallen, weil sie beim Aufrichten der Leiter eben nicht anders können.

Entsprechend verlief ein Versuch mit der steingefüllten Kiste. (15. 7.) Grande bemüht sich zunächst vergeblich, einen Stab von der Wand loszu-

[1] Im Herbst 1914 wurde eine ähnliche Aufgabe einigermaßen klar gelöst.

brechen, tritt dann an die Kiste heran, zieht aber nicht, sondern nimmt einen Stein heraus, bringt ihn unter das Ziel, richtet ihn dort sorgfältig in Steilstellung auf, wirft einen Blick empor, besteigt ihn nicht — er ist zu niedrig —, kehrt zur Kiste zurück und zerrt sie mit ungemeiner Anstrengung auf das Ziel zu. Unterwegs setzt sie einen Moment aus, lüftet einen der Steine eben einmal an, läßt ihn aber doch wieder und zieht die Kiste vollends unter das Ziel. — An diesem Verhalten ist allein verdächtig, daß zu Anfang die Kiste gar nicht, wie doch in andern Fällen sofort, als Werkzeug betrachtet wird; es wäre nach sonstigen Erfahrungen an Grande durchaus möglich, daß sie sieht: die Kiste ist jetzt schwer, ohne daß sich ein Versuch daran anschließt, dem abzuhelfen. Das spätere Anheben eines Steines sieht aus, als wolle sie ihn als Baumaterial benutzen.

Rana (15. 4.) fängt an, die Kiste zum Ziel zu kippen, ohne daß ihr anscheinend das große Gewicht auffällt; bei der Drehung poltern die Steine hervor und Rana erschrickt heftig; so etwas hat sie offenbar nicht erwartet. Danach kommt sie der Kiste nicht wieder nahe, sondern bemüht sich nach einer Weile, den Beobachter unter das Ziel zu zerren.

Dieser Versuch mit Rana war der erste der ganzen Gruppe: Ich hielt die Aufgabe für recht leicht und wollte diese Einschätzung nur eben an dem wenigst begabten Tier verifizieren. Das Ergebnis ist merkwürdig genug und erinnert sehr an das der Hindernisversuche (vgl. oben S. 48 ff.); die innere Verwandtschaft der beiden Aufgaben — hier wie dort stört ein sonst ganz indifferenter Körper nur durch sein Vorhandensein an einer Stelle — ist ohne weiteres zu erkennen.

Wenn Sultan die Steine zumeist nicht alle ordentlich ausräumt, so wird dadurch die Lösung an und für sich nicht minderwertig, wohl aber in den Augen des erzogenen Europäers ästhetisch mangelhaft; denselben Schönheitsfehler machte das Tier beim Drahtaufbiegen bereits und Chica beim Abwickeln des Turnseiles.

IV.

Wenn der Schimpanse nicht sehr aufgeregt und fahrig ist, unterläßt er, wie schon berichtet, im allgemeinen[1] die Verwendung von Werkzeugen (Stäben und Kisten), deren Dimensionen für die Situation nicht ausreichen.

[1] Anlässe für Ausnahmen sind schon bekannt. Vgl. auch das Folgende. Natürlich macht der Schimpanse erst eine Probe, wenn das Werkzeug nahezu ausreicht.

Er kommt zwar häufig erst damit angezogen, aber sobald das Werkzeug der kritischen Distanz nahe ist, pflegen die vorher eifrigen Bewegungen zu stocken; irgend etwas ist auf die Annäherung hin geschehen, was auf weitere Ferne nicht eintrat, und welcher Art dieser Vorgang auch sein mag — er hat die Kraft, der munteren Handlung ein mattes Ende zu bereiten. Allenfalls geht der Schimpanse, wenn es sich um ein Stöckchen handelt, gerade noch ganz heran und fährt damit einmal in die Richtung des Zieles oder er wirft es nach diesem hinaus, aber ein einigermaßen geübter Beobachter hat schon vorher einen Moment angeben können, wo die frische Farbe der Entschließung sich verlor, das Weitere ist nicht praktische Bemühung, sondern Ausdruck mutlosen Wünschens.

Außer dieser lähmenden hat die Ausdehnung der kritischen Distanz bisweilen auch eine sehr positive Wirkung, die zwar zunächst nicht praktisch weiterhilft, wenn sie aber einen Fehler des Tieres bedeutet, jedenfalls »guter Fehler« heißen muß.

Im Anfang sieht der Vorgang allerdings sehr merkwürdig aus: Chica wird zum zweitenmal, seitdem sie hier ist, beim Heranholen eines Zieles mit dem Stock beobachtet. (26. 1. 14) Als sie nicht recht ankommt, ergreift sie einen zweiten Stab, der sogar etwas kürzer ist als der erste, legt ihn mit einer flachen Seite auf eine ebenfalls flache des ersten Stockes, faßt mit der Hand sorgfältig um beide herum und angelt so weiter nach dem Ziel, obwohl eine Verlängerung oder sonst ein wirklich praktischer Erfolg durch das Anfügen des zweiten Stabes gar nicht erreicht wird: wie sie den kurzen Stock auf den langen gedrückt hält, kommt jener überhaupt nicht bis auf den Boden. — Man kann hier natürlich sagen, das Tier sei zu töricht, um die Sinnlosigkeit seines Verfahrens einzusehen. Ist einmal das Verfahren gegeben, so hat man in einem gewissen groben Sinn recht. Der Psychologe aber wird verwundert die Frage stellen, auf welche Weise ein Tier, das tags zuvor mit aller Ungeschicklichkeit des Anfängers gerade eben den Stock hat regieren können (von da an allerdings in wenigen Tagen das Maximum von Übung erreicht) — wie das zu diesem ganz plötzlich auftretenden Verhalten kommt? Dessen Entstehung ist rätselhaft, zumal da sich Chica mitten aus ihren vergeblichen Anstrengungen dem zweiten Stock zuwendet und ihn mit so viel Sorgfalt an den anderen andrückt, daß der ganze Vorgang ohne Zweifel einen Versuch der Werkzeugverbesserung darstellt.

Dergleichen kann man öfters sehen, freilich nur, solange die Verwendung des Stockes noch nicht sehr geläufig ist. Tschego, die überhaupt wenig experimentiert hat, legte noch vor kurzem, als sie mit der Schlafdecke das Ziel nicht erreichte, einen Stock auf das Tuch, ergriff dieses so, daß ihre Finger den kurzen Stab zugleich darauf festhielten, und setzte ihre praktisch um nichts geförderten Bemühungen auf diese Weise fort, auch in diesem Fall sollte offenbar das Werkzeug verbessert werden.

Rana, deren Gehirn sozusagen nichts für sich behalten kann, führt im Springstockverfahren eine Etappe mehr aus, die vielleicht bei anderen Tieren nur nicht sichtbar wird. Sie bringt es wunderlicherweise nicht fertig, nach einem hochangebrachten Ziele zu schlagen; noch jetzt (1916) im Gebrauch des Stockes als Armverlängerung ganz ungeschickt — sie weiß noch immer nicht, ihn richtig anzufassen —, hebt sie bisweilen den Stab schon hinauf — aber im nächsten Augenblick wird er doch wieder Springstock. So kommt es, daß kurze Hölzer, die allenfalls zum Herabschlagen des Zieles dienen könnten, dagegen für das Springverfahren durchaus nicht taugen, von diesem Tier im letzteren Sinn wenn nicht wirklich gebraucht — das ist unmöglich —, so doch immer wieder »angesetzt« werden. Kleine Stifte von etwa 30 cm Länge stellt es einmal über das andere auf den Boden, hebt einen Fuß wie zum Klettern und senkt ihn dann wieder (vgl. oben S. 58). So auch bei einem Kistenversuch. (15. 4.) Rana hat eine Kiste unter das Ziel gestellt, kommt aber noch nicht an und holt sich ein zartes Hölzchen von etwa 40 cm Länge. Das setzt sie wie zum Sprunge auf die Kiste, macht auch wiederholt die entsprechenden Körperbewegungen, obwohl sie, um das Stäbchen überhaupt mit dem unteren Ende auf die Kiste stützen zu können, ganz gebückt stehen muß und unmöglich so ernsthaft springen kann. Nach einer Weile holt sie mehr Hölzchen herbei, hält sie nebeneinander als Springstock in der Hand, springt aber natürlich nicht. Plötzlich ändert sie das Verfahren, behält nur zwei der Stäbe von dem Bündel und legt sorgfältig den einen so an den andern, daß sie optisch zusammen einen Stock von doppelter Länge ausmachen; nur etwa zwei Finger breit liegen die Enden der beiden Stäbe nebeneinander und werden so von der Hand festgehalten, während das Ganze wieder als Springstock aufgesetzt und der Fuß wie zum Aufstieg gehoben wird. Da Rana es liebt, auch praktisch unmögliche Dinge eine Reihe von Malen hintereinander anzudeuten, so bleibt Zeit, ihr Verfahren

genau zu betrachten. Um Zufall handelt es sich bestimmt nicht; denn wenn die Hölzer sich verschieben und zusammenrutschen, werden sie jedesmal wieder sorgfältig in die Lage gebracht, in der sie wie ein langer Stock wenigstens aussehen, solange die Hand sie festhält. — Man erstaunt darüber, wie anscheinend die Optik der Situation für das Tier zunächst ganz und bestimmend wirkt und auch der Lösungsversuch deshalb allein auf die Optik der Stäbe, gar nicht auf »technisch-physikalische« Gesichtspunkte Rücksicht nimmt. Die Hand muß die beiden Teile aneinander halten und solange bleibt praktisch wertlos, was dem optischen Eindruck nach eine Lösung durch Werkzeugverbesserung ist. Ich bemerke noch, daß Rana sich ernstlich bemüht, diesen verlängerten Stock auch wirklich zu verwenden.

Kommt es schließlich im Bedarfsfall zu einer auch technisch brauchbaren Vereinigung zweier Stöcke? — Geprüft wird Sultan (20. 4.). Ihm stehen als Stäbe zwei hohle, aber feste Schilfrohre zur Verfügung, wie die Tiere sie schon oft zum Heranziehen von Früchten verwendet haben. Das eine hat so viel kleineren Querschnitt als das andere, daß es sich in dessen beide Öffnungen leicht einschieben läßt. Jenseits eines Gitters liegt das Ziel so weit entfernt, daß das Tier mit den (etwa gleich langen) einzelnen Rohren nicht ankommen kann. — Trotzdem gibt es sich zunächst große Mühe, mit einem oder dem andern das Ziel zu erreichen, indem es die rechte Schulter weit zwischen den Gitterstäben vordrängt[1]. Als alles umsonst ist, begeht Sultan einen »schlechten Fehler« oder, deutlicher gesprochen, eine kräftige Dummheit, die sich bei ihm auch sonst bisweilen zugetragen hat: Er zerrt aus dem Hintergrunde des Raumes eine Kiste ans Gitter; von dort schiebt er sie allerdings gleich wieder zurück, da sie nichts nützt oder vielmehr im Wege steht. Gleich danach setzt ein zwar praktisch nutzloses, im übrigen aber unter die »guten Fehler« zu rechnendes Verfahren ein: Er führt das eine Rohr so weit wie möglich hinaus, nimmt darauf das andere und schiebt mit ihm das erste vorsichtig auf das Ziel zu, indem er es, am hinteren Ende langsam stoßend und drängend, sorgfältig in der Richtung auf die Früchte zu hält. Freilich gelingt das nicht immer, aber ist er auf diese Art einiger-

[1] Das steht nicht im Widerspruch zu dem oben (S. 97) Bemerkten: um das Tier nicht von vornherein zu entmutigen, legte ich das Ziel nur so weit, daß es gerade nicht mehr mit den einzelnen Stöcken zu erreichen war.

maßen weit gekommen, dann wird die Vorsicht besonders groß, er schiebt ganz sacht, berücksichtigt recht gut die Bewegungen des liegenden Rohres und bringt dieses wirklich mit der Spitze bis an das Ziel. Damit ist auf eine Art, die hier zum erstenmal ganz unvermittelt auftritt, der Kontakt Tier–Ziel hergestellt, und Sultan findet — man kann es auch als Mensch nachfühlen — sichtlich eine gewisse Befriedigung darin, über die Früchte wenigstens insofern Gewalt zu haben, als er sie durch Vermittlung des geschobenen Stockes anstoßen und leicht bewegen kann. Das Verfahren wiederholt sich; wenn das Tier den liegenden Stab so weit hinausgeschoben hat, daß es ihn unmöglich selbst wieder heranholen kann[1], wird er ihm zurückgegeben. Obwohl es aber beim vorsichtigen Schieben das Rohr in seiner Hand genau an dem Querschnitt (also an der Mündung) des liegenden Rohres ansetzt, um es so sicher steuern zu können, und man meinen sollte, schon dabei dränge sich die Möglichkeit auf, das eine Rohr in das andere einzufügen, so deutet sich doch eine solche auch praktisch wertvolle Lösung durchaus nicht an. Schließlich gibt der Beobachter dem Tier eine Hilfe, indem er vor dessen Augen den Zeigefinger in die Öffnung des einen Rohres einführt (ohne übrigens dabei auf das andere Rohr hinzuweisen): Keine Wirkung — Sultan steuert wie vorher das eine Rohr mit dem andern aufs Ziel hin, und als diese Pseudolösung ihm nicht mehr genügt, stellt er seine Bemühungen ganz ein und nimmt nicht einmal die Rohre auf, als sie ihm beide wieder durchs Gitter hineingeworfen werden. Der Versuch hat über eine Stunde gedauert und wird, als in dieser Form aussichtslos, vorläufig abgebrochen. Da die Absicht besteht, ihn nach einer Pause unter Anwendung stärkerer Hilfen wieder aufzunehmen, bleibt das Ziel an seinem Platz, Sultan im Besitz seiner Rohre; für alle Fälle wird der Wärter als Wachtposten aufgestellt.

Bericht des Wärters: »Sultan hockt zuerst gleichgültig auf der Kiste, die etwas rückwärts vom Gitter stehengeblieben ist; dann erhebt er sich, nimmt die beiden Rohre auf, setzt sich wieder auf die Kiste und spielt mit den Rohren achtlos herum. Dabei kommt es zufällig dazu, daß er vor sich in jeder Hand ein Rohr hält, und zwar so, daß sie in einer Linie liegen; er steckt das dünnere ein wenig in die Öffnung

[1] Auf welche Weise er das macht, wird auf Seite 136 berichtet.

des dickeren, springt auch schon auf ans Gitter, dem er bisher halb den Rücken zukehrte, und beginnt eine Banane mit dem Doppelrohr heranzuziehen. Ich rufe den Herrn; inzwischen fällt dem Tier das eine Rohr vom andern ab, da es sie sehr wenig ineinandergeschoben hat, und sogleich setzt er sie wieder zusammen[1]«.

Der Bericht des Wärters bezieht sich auf einen Zeitraum von knapp 5 Minuten, die seit Abbruch des Versuches vergangen sind. Von dem Mann herbeigerufen, habe ich selbst weiter gesehen:

Sultan hockt am Gitter, ein Rohr hält er hinaus, und auf der Spitze hängt lose das zweite weitere Rohr, gerade im Abfallen; es fällt wirklich, Sultan zieht es heran, schiebt sofort mit der größten Sicherheit das dünnere wieder hinein, so daß jenes einigermaßen fest darauf sitzt, und holt mit dem verlängerten Werkzeug eine Frucht heran. Das breitere Rohr ist jedoch etwas zu weit gewählt, und so fällt es in der Folge noch mehrmals von der Spitze des dünneren herunter; jedesmal setzt Sultan die Rohre sofort wieder zusammen, indem er links das breite auf sich zu, rechts etwas zurück das dünnere hält und dieses in jenes einführt[2] (Taf. II). Das Verfahren scheint ihm außerordentlich zu gefallen; er macht einen sehr lebhaften Eindruck, zieht alle Früchte nacheinander ans Gitter, ohne sich zum Fressen Zeit zu nehmen, und holt, als ich dann den Doppelstock noch einmal auseinandernehme, mit den schnell wieder zusammengefügten Rohren ganz gleichgültige Gegenstände aus der Ferne an das Gitter heran.

Am folgenden Tage wird der Versuch wiederholt; Sultan beginnt mit dem praktisch nutzlosen Verfahren, nachdem er aber während weniger Augenblicke das eine Rohr mit Hilfe des andern vorwärtsgesteuert hat, nimmt

[1] Die Erzählung des Wärters kommt mir recht glaubwürdig vor, zumal da er auf Fragen betonte, daß Sultan die Rohre zunächst spielend und ohne Rücksicht auf das Ziel (die Aufgabe) ineinandergeschoben habe. Die Tiere bohren ja fortwährend mit Halmen und Stöckchen spielerisch in Löchern und Fugen, so daß man sich geradezu wundern müßte, wenn Sultan nicht auch beim Herummachen mit den beiden Rohren diese gewohnte Spielerei einmal ausgeführt hätte. — Ein Verdacht, der Wärter könnte in aller Eile »das Tier dressiert haben«, besteht durchaus nicht; dergleichen wird der Mann nie wagen. Will jemand hieran zweifeln, so tut das auch nichts zur Sache; denn Sultan beweist fortwährend, daß er das Verfahren nicht nur ausführt, sondern einsichtig beherrscht.

[2] Die Abbildung stammt aus einem Kinematogramm, das einen Monat später in anderer, photographisch besserer Umgebung aufgenommen wurde.

er wieder beide auf, steckt schnell eins ins andere und erreicht das Ziel mit dem Doppelstock.

(1. 5.) Vor dem Gitter liegt das Ziel noch weiter entfernt; Sultan verfügt über drei Rohre, deren Lumen so gewählt ist, daß die beiden breiteren über die beiden Enden des dritten geschoben werden können. Er versucht, mit zwei Rohren wie bisher anzukommen; als dabei das äußere öfters abfällt, gibt er sich deutlich Mühe, den dünneren Stock tiefer in den weiteren einzuführen. Wider Erwarten erreicht er wirklich mit dem Doppelrohr das Ziel und zieht es heran. Als dabei das lange Werkzeug hinderlich wird, indem es mit dem hinteren Ende zwischen die Gitterstangen gerät und bei Schrägbewegungen hängen bleibt, zerlegt das Tier es schnell in seine Teile und verrichtet den Rest der Arbeit mit nur einem Rohr; das geschieht von nun an stets, wenn das Ziel so nah gekommen ist, daß ein Rohr ausreicht, und der Doppelstock nur mehr unbequem wirkt. — Das neue Ziel wird noch weiter gelegt. Die Folge ist, daß Sultan ausprobiert, welches der beiden weiten Rohre mit dem dünnen zusammen dienlicher ist; denn die beiden sind an Länge nicht sehr verschieden (64 und 70 cm), und das Tier legt sie natürlich nicht zum Vergleich aneinander. Niemals versucht Sultan die beiden breiten Rohre zusammenzubringen: Einmal hält er sie einen Augenblick einander ohne Berührung gegenüber und betrachtet die beiden Öffnungen, legt aber sogleich (ohne Ausprobieren) das eine fort und greift wieder zu dem dünneren dritten; die beiden weiten Rohre haben gleiches Lumen. — Die Lösung folgt ganz plötzlich: Sultan angelt mit einem Doppelrohr, bestehend aus dem dünneren und dem einen breiten Rohr, wobei er wie sonst das Ende von jenem in der Hand hält. Mit einem Male zieht er das Doppelrohr zu sich herein, dreht es um, so daß er das dünne Ende vor seinen Augen hat und das andere Ende hinter ihm in die Luft ragt, ergreift das dritte Rohr mit der Linken und führt die Spitze des Doppelstockes in die Öffnung ein. Mit dem Dreistock wird das Ziel mühelos erreicht; beim Heranziehen, als das lange Werkzeug sich hinderlich erweist, wird es alsbald wieder auseinandergenommen.

Gemäß der Beobachtung in diesem Versuch ist es nie vorgekommen, daß Sultan blindlings hätte zusammensetzen wollen, was sich den Dimensionen und sonstigen Eigenschaften nach auf keinen Fall zusammenfügen ließ[1].

[1] In Fällen, wo bloßes Betrachten nicht zu sicherer Entscheidung führt, wird naturgemäß eine Probe gemacht. Vgl. den Versuch vom 6. 8.

Als eines Tages vor Besuchern ein Experiment gezeigt werden sollte, legte ich draußen das Ziel nieder und warf zugleich zwei verschieden dicke Rohre, die gerade zur Hand waren, durch das Gitter zu Sultan hinein. Er nahm sie sofort auf, wie immer das weite in die linke, das dünnere in die rechte Hand, und hob diese schon, um die Rohre ineinanderzustecken, als er plötzlich absetzte ohne seine Absicht auszuführen, das dickere Rohr umdrehte, dessen anderes Ende betrachtete, und gleich darauf beide Rohre zu Boden fallen ließ. Ich ließ sie mir von ihm herausgeben und fand, daß zufällig das weitere beiderseits mit Aststellen abschloß, also keine Öffnungen hatte; unter diesen Umständen hatte Sultan gar nicht erst probiert, die Rohre zu vereinigen. Nachdem ich durch einen Schnitt die eine Aststelle entfernt hatte, machte er den Versuch sofort.

(6. 8.) Das breite Rohr endet auf einer Seite mit einer Aststelle; in das andere offene Ende wird vor dem Versuch ein Holzpflock gesteckt, der gerade noch aus der Mündung ein wenig hervorschaut; er ist etwas schmaler als diese, so daß zwischen ihm und der Rohrwand eine Öffnung bleibt: Sultan ergreift die Rohre, betrachtet einen Augenblick das Holz in der Mündung, versucht kurz das dünnere Rohr in die enge Öffnung zwischen Holz und Wand zu drängen, reißt gleich darauf den Pfropfen heraus, wirft ihn beiseite und fügt die Rohre ineinander.

Dagegen findet er bisweilen eine Schwierigkeit, wo sie wohl niemand vorausahnen würde: Wenn er beide Rohre in der Hand hält und wie sonst daran gehen will, sie zu vereinigen, stockt er für Momente und macht einen seltsam unsicheren Eindruck, falls die Rohre zufällig in gewissen Stellungen in seiner Hand liegen, nämlich, fast parallel, einander eben noch schneiden in der Form eines sehr steilen X. Die Erscheinung ist jetzt fast verschwunden, war aber zu Anfang recht häufig zu sehen. Als Chica später das Verfahren übernommen hatte, zeigte sie ganz dieselbe Verlegenheit, wenn die beiden Rohre in der angegebenen Lage waren, und zwar auffallender, als Sultan jemals. Sobald die Tiere erst wieder ein Rohr vom andern optisch abgelöst haben, verläuft die Handlung ganz glatt. — Die Optik der Situation, die sonst den Schimpansen sicher leitet, so daß seine Bewegungen, sein Verhalten unmittelbar daraus hervorzugehen scheinen, muß hier in einen Zustand geraten, wo sie diese Bestimmung der Motorik nicht ebenso sicher auszuüben vermag. Für uns ist die Optik der beiden Stäbe wohl in jeder Stellung zu einfach und klar, als daß wir ihnen gegenüber in diese Ver-

legenheit kommen könnten, doch brauchen wir diese Bedingungen nur wenig zu komplizieren (Aufklappen eines Liegestuhles), so kommt auch unsere optische Wahrnehmung leicht in einen Zustand, in der sie für Sekunden unsere Bewegungen nicht diktieren kann wie sonst.

In Fällen reiner Alexie (Wertheimer) scheint diese Labilität enorm gesteigert zu sein. — Man sieht allmählich, daß an ein Verständnis der schimpansischen Leistungen und Fehler gegenüber anschaulich gegebenen Problemlagen gar nicht zu denken ist ohne eine Theorie der höheren optischen Funktionen, insbesondere der Raumgestalten.

In einem weiteren Versuch wird noch mehr Werkzeugherstellung von Sultan verlangt. (17. 6.) Außer einem Rohr von weiter Öffnung steht ihm ein schmales Holzbrett zur Verfügung, das gerade eben zu breit ist, um in die Öffnung eingeführt zu werden. — Sultan nimmt das Holzbrett und versucht, es in das Rohr hineinzustecken; das ist kein Fehler; die verschiedene Form von Holz und Rohr würde auch den Menschen zwingen, zu probieren, weil das Dickenverhältnis der beiden nicht einfach anschaulich klar ist; als das nicht gelingt, beißt er das Rohr an der Mündung auf und bricht einen langen Splitter seitwärts aus der Wand, offenbar zunächst, weil die Rohrwand dem Eindringen des Holzes im Wege war (»guter Fehler«). Wie aber der Splitter entstanden ist, versucht er sofort diesen in die noch heile Mündung des Rohres einzuführen: eine überraschende Wendung, die zur Lösung führen müßte, wenn nicht auch der Splitter etwas zu breit wäre. Sultan greift wieder zum Holzbrett, bearbeitet aber nunmehr dieses mit den Zähnen, und zwar richtig am einen Ende von den beiden Kanten nach der Mitte zu, so daß die störende Breite verringert wird. Wenn er eine Weile von dem (sehr harten) Holz abgebissen hat, probiert er, ob das Brett nun in die heile Öffnung des Rohres hineinpaßt, und arbeitet so weiter — hier muß man von »wirklichem Arbeiten« sprechen —, bis das Holz etwa 2 cm tief in die Öffnung hineingeht. Nun will er mit dem zusammengesetzten Werkzeug das Ziel heranholen, aber die 2 cm genügen nicht, und das Rohr fällt dabei immer wieder von der Spitze des Holzes herunter. — Sultan ist jetzt offenbar des Holzbeißens müde; er spitzt lieber den Rohrsplitter an einem Ende zu und bringt ihn wirklich bald so weit, daß er fest im heilen Rohrende stecken bleibt und der Doppelstock gebrauchsfertig ist. — Zu der Behandlung des Holzes ist zu bemerken, daß Sultan gegen meine Erwartung fast ausschließ-

lich an dem einen Brettende Holz abbiß, und wenn er auch einmal das andere für einen Moment in die Zähne nahm, doch keineswegs blindlings bald hier, bald dort nagte. Ebenfalls sehr befriedigend verläuft die Behandlung des Rohres. Nachdem die eine Rohrmündung durch Aufbrechen der Seitenwand zerstört ist, bleibt sie weiterhin vollständig unbeachtet. Für die andere Mündung hatte ich während des weiteren Versuches fortwährend Angst, aber obwohl Sultan mehrmals, wenn Holz und Splitter nicht hineinpaßten, schon mit den Zähnen ansetzte, biß er doch kein Mal in die Rohrwand wirklich hinein, so daß die Öffnung dauernd brauchbar blieb. Ich möchte nicht die Garantie dafür übernehmen, daß jede Wiederholung des Versuchs ebenso gut verlaufen würde. Sultan hatte offenbar einen besonders klaren Tag.

Das Anspitzen von Hölzern ist übrigens schon vor diesem Experiment häufig vorgekommen. Wenn z. B. Grande jemand durchs Gitter stechen will, so beißt sie schnell ein Brett entzwei und verschafft sich so geeignete Splitter; Sultan selbst spitzt, wenn kein Schlüssel da ist, gelegentlich ein Holz zu, um damit im Schlüsselloch herumzustochern, wie das ja von manchem Artgenossen in der Literatur bereits berichtet ist; aber dies Zubeißen von Hölzern war mir immer etwas unklar vorgekommen, und deshalb wurde hier geprüft, ob Sultan es zu einem konsequenten Verfahren gegenüber dem sehr harten Holz bringen würde, das er nicht schon im Spiel und zufällig in verwendbare Splitter zerlegen konnte, sondern einigermaßen planmäßig bearbeiten mußte.

Daß der Doppelstock ebenso prompt hergestellt wird, wenn das Ziel zu hoch zum Herabschlagen mit einem Stab angebracht ist, und daß Chica, nachdem sie die neue Technik erst übernommen hat, auch gelegentlich die Nutzanwendung auf das Springverfahren macht, versteht sich nach allem bisherigen wohl von selbst.

5. Werkzeugherstellung. Fortsetzung: Bauen.

Wenn der Schimpanse ein hoch angebrachtes Ziel mit einer Kiste nicht erreicht, besteht die Möglichkeit, daß er zwei oder noch mehr Kisten aufeinandertürmt und auf diese Weise ankommt. Ob er das wirklich tut, scheint eine einzige und einfache Frage zu sein, die sich schnell ent-

scheiden muß. Stellt man aber Versuche hierüber an, so ergibt sich alsbald, daß das Problem für den Schimpansen in zwei wohl zu unterscheidende Teilanforderungen zerfällt, deren einer er recht leicht gerecht wird, während ihm die andere ungemeine Schwierigkeiten macht. Die erste hält der (erwachsene) Mensch im voraus für das ganze Problem, wo aber für die Tiere die Schwierigkeiten erst recht anfangen, sehen wir zunächst überhaupt kein Problem. Soll in der Beschreibung diese merkwürdige Tatsache so sehr hervortreten, wie sie sich dem Beobachter in der Anschauung aufdrängt, so ist eine Trennung der Versuchsberichte nach diesem Gesichtspunkte durchaus erforderlich. Ich beginne mit der Antwort auf die Frage, die dem Menschen die einzige scheint.

Sultan ist bei einem früher beschriebenen Versuch (vgl. S. 38) nahe daran gewesen, zwei Kisten aufeinanderzustellen, als eine nicht ausreichte; anstatt aber die schon angehobene zweite wirklich auf die erste zu setzen, hat er mit jener unsichere Bewegungen im freien Raum um diese und über ihr gemacht; dann haben andere Methoden dies verworrene Tun verdrängt. — Der Versuch wird (8. 2) wiederholt; das Ziel ist sehr hoch angebracht, die beiden Kisten stehen nicht weit voneinander und etwa 4 m von dem Ziel entfernt; alle andern Hilfsmittel sind beseitigt. Sultan schleppt die größere der Kisten zum Ziel, setzt sie flach darunter, stellt sich, hinaufsehend, auf sie, macht Anstalten zum Sprung, springt aber nicht wirklich; steigt herab, ergreift die andere Kiste und galoppiert, sie hinter sich herziehend, im Raum umher, wobei er den üblichen Lärm macht, gegen die Wände trampelt und sein Unbehagen auf jede mögliche Weise zu erkennen gibt[1]. Sicherlich hat er die zweite Kiste nicht ergriffen, um sie auf die erste zu setzen; sie muß ihm nur helfen, seine Laune zu äußern. Mit einem Male aber ändert sich sein Verhalten vollständig; er läßt den Lärm, zieht seine Kiste von weit her geradeswegs an die andere heran und stellt sie sofort steil auf diese; dann steigt er auf den etwas schwankenden Bau, setzt mehrmals zum Sprung an, springt aber wieder nicht: das Ziel ist für den schlechten Springer noch immer zu hoch. Übrigens hat er geleistet, worauf es ankam.

[1] Alle Tiere zeigen gegen den Raum, in dem diese Versuche vorgenommen wurden, eine starke Abneigung, und zwar nicht, weil in ihm experimentiert wird — dagegen haben sie gar nichts —, sondern wegen der unerträglichen trockenen Hitze, die in ihm zumeist herrscht. Ich konnte in jenen Tagen aus äußeren Gründen nirgends sonst experimentieren, habe es aber später nach Möglichkeit vermieden. — Einige Torheiten, die hier beobachtet wurden, sind wohl zum Teil Erschöpfungssymptome.

(12. 2.) Chica und Grande haben wenige Tage vorher von Sultan und von mir gelernt, eine Kiste zu verwenden; dagegen kennen sie das Operieren mit zwei Kisten noch nicht. Die Situation ist die gleiche wie in Sultans Versuch. — Jedes der Tiere ergreift alsbald eine Kiste, einmal steht Chica, dann wieder Grande mit der ihrigen unter dem Ziel, aber von einem Aufeinander ist nicht die mindeste Andeutung zu beobachten. Anderseits steigen sie kaum einmal auf ihre Kiste; wenn der Fuß schon angehoben ist, setzen sie ihn nieder, sobald sich der Blick nach oben wendet. Sicher nicht Zufall, sondern Wirkung eines Blickes zum Ziel (in die große Höhe) ist es, wenn sowohl Chica wie Grande dazu übergehen, die Kiste steil aufzustellen (vgl. Sultan S. 38); ein Abmessen der Distanz mit den Augen führt zu dieser Änderung als einem plötzlich auftretenden und klaren Versuch, der Situation besser zu entsprechen. Schließlich ergreift Grande ihre Kiste und rast wütend mit ihr umher wie früher Sultan. Ebenfalls wie bei ihm legt sich das Toben ganz unerwartet, sie zieht ihre Kiste an die andere heran, hebt sie nach einem Blick zum Ziel mit Anstrengung an, stellt sie ungeschickt auf die untere und will schnell hinaufsteigen; als aber die obere Kiste hierbei seitlich rutscht, läßt sie sie wie mutlos und ohne Gegenreaktion gänzlich fallen. — Auch Grande hat im Prinzip die Aufgabe gelöst; deshalb wird die Kiste vom Beobachter aufgehoben, fest auf die untere gestellt und hier gehalten, während Grande hinaufsteigt und das Ziel erreicht. Sie tut das nur unter großem Mißtrauen.

(22. 2.) Außer Grande und Chica ist Rana zugegen. — Grande holt erst eine, dann auch die andere Kiste unter das Ziel, hantiert aber in einer Weise, die den Eindruck der Ratlosigkeit erweckt, mit ihnen herum, ohne die eine auf die andere zu stellen. Das sieht ganz ähnlich aus, wie die bisweilen zu beobachtenden Zustände von »Direktionsmangel«, in die Sultan und Chica gegenüber den beiden Rohren verfallen können. — Mit einem Male springt Chica hinzu, stellt ohne weiteres die eine Kiste auf die andere und steigt hinauf. Ob es sich hier um eine Nachwirkung des vorigen Versuches und des Beispieles von Grande handelt oder um eine Lösung, die jetzt selbständig auftritt, ob vielleicht auch das Herumhantieren von Grande eben als Hilfe wirkt, das ist schwer zu entscheiden.

Ein neues Ziel wird angebracht: jetzt stellt Rana die eine Kiste flach unter das Ziel und die zweite sofort (ebenfalls flach) darauf; aber der Bau

ist zu niedrig und die Tiere hindern sich gegenseitig daran, ihn zu verbessern, da sie nun alle zugleich und jedes auf eigene Faust bauen wollen. — Wie ich Rana kenne, möchte ich in diesem Fall Nachahmung des eben Gesehenen annehmen, zum mindesten eine starke Hilfe des Vorbildes; doch kommt es auf diese Frage hier nicht an.

Eine Reihe von weiteren Versuchen, die aber keineswegs schnell wie in andern Fällen zu größerer Sicherheit in der neuen Leistung führten, wird nachher beschrieben. Nachdem sich die Tiere in ihnen gewöhnt hatten, zwei Kisten sofort übereinander zu bauen, wenn die Situation es erforderte, entstand die Frage, ob sie in derselben Richtung noch weiter fortschreiten würden.

Die Versuche (höheres Ziel, drei Kisten in einiger Entfernung) ergaben bei Sultan zunächst, daß er nur noch schwierige Bauten aus zwei übereinander steilgestellten Kisten ausführte, die wie Säulen aussahen und natürlich recht hoch anzukommen erlaubten (8. 4.); die dritte Kiste holte er wohl mit den beiden andern von vornherein an die Baustelle, ehe er an die Konstruktion selbst heranging, ließ sie aber unverwendet nebenbei stehen, da er mit seiner Säule ohnedies das Ziel erreichte.

(9. 4.) Das Ziel hängt noch höher; Sultan hat vormittags gehungert und geht deshalb mit großem Eifer an die Arbeit. Die schwerste Kiste legt er flach unter das Ziel, setzt die zweite steil darauf und versucht obenstehend das Ziel zu ergreifen; als er nicht ankommt, blickt er hinunter und in der Umgebung umher, haftet mit den Augen an der dritten Kiste, die ihm wohl zuerst wegen ihrer Kleinheit als wertlos erschienen ist, steigt mit großer Vorsicht herab, ergreift die Kiste, klettert mit ihr hinauf und vollendet den Bau.

Besonders weit brachte es mit der Zeit Grande, von den Kleinen das stärkste, aber auch bei weitem das geduldigste Tier. Sie ließ sich durch viele Mißerfolge, durch Zusammenstürzen der angefangenen Bauten, durch allerhand (zum Teil unvermerkt selbstgeschaffene) Schwierigkeiten nicht von der Arbeit abbringen, kam bald dazu, wie Sultan drei Kisten aufeinanderzusetzen, und brachte es (30. 7. 14) sogar zu einem schönen Bau aus vier Kisten, als sich in der Nähe ein größerer Käfig fand, dessen breite Fläche ein sicheres Aufsetzen der drei übrigen Bauteile erlaubte. — Als im Frühjahr 1916 wieder Gelegenheit zu höheren Aufbauten gegeben wurde, war Grande auch nach der langen Pause die relativ beste und eine min-

destens so vorzügliche Architektin wie früher; hohe Bauten aus vier Bauelementen machten ihr zwar Schwierigkeiten, aber sie gelangen in hartnäckiger Bemühung doch recht gut.

Chica errichtet zwar auch ohne zuviel Bauunglück Türme aus drei Kisten, hat es aber zu der Übung von Grande nicht bringen können, da sie, ungeduldig und schnell von Natur, gefährliche Sprünge mit und ohne Stange, vom Boden oder von einem niedrigen Bau aus dem langsamen Weiterbauen vorzieht und vielfach mit Erfolg ausführt, wenn Grande bei ihrem Verfahren noch eine Weile schwer zu arbeiten hat[1]. — Rana kommt wohl kaum über zwei Kisten hinaus. Ist sie soweit, so geht sie entweder zu endlosem Herumprobieren mit Miniaturspringstöcken über oder, und das ist häufig, sie stellt die obere Kiste mit der offenen Seite aufwärts und spürt nun einen unwiderstehlichen Drang, sich in diese hineinzusetzen; ist das einmal geschehen, so fühlt sie sich zu wohl, um aufzustehen und weiterzubauen. — Konsul hat niemals gebaut, Tercera und Tschego brachten es nur zu schwachen Versuchen, Nueva und Koko gingen ein, ehe sie in dieser Hinsicht geprüft werden konnten.

Unzweifelhaft stellen Bauwerke wie etwa die abgebildeten von Grande schon recht tüchtige Leistungen dar, zumal wenn man bedenkt, daß die Konstruktionen von Insekten (Ameisen, Bienen, Spinnen) und von andern Vertebraten (Vögeln, Bibern) zwar dem Resultat nach vollendeter ausfallen können, aber sicherlich auch auf einem ganz andern und entwicklungsgeschichtlich primitiveren Wege zustande kommen. Die sogleich folgenden Ausführungen werden zeigen, daß zwischen den tüchtigen, aber doch unbeholfenen Bauten eines begabten Schimpansen und der sicheren und objektiv eleganten Netzkonstruktion der Spinne z. B. der Unterschied genereller Art ist, wie ja das aus dem bisher Berichteten im Grunde schon hinreichend hervorgehen müßte. Aber leider habe ich die Erfahrung gemacht, daß sogar sonst einsichtige Zuschauer bei solchem Bauen die Frage stellen, »ob das nicht Instinkt sein könne«. Deshalb sehe ich mich gezwungen, noch besonders hervorzuheben: Die Spinne und ähnliche Künstler fertigen wahre Wunderwerke an, aber die speziellen Bedingungen gerade nur für diese liegen in ihnen der Hauptsache nach vollkommen fest, längst ehe der Anlaß zur Ausführung sich darbietet. Nichts von einer speziellen Anlage,

[1] Statt als Springstange benutzt Chica den Stock auch bisweilen zum Schlagen (vgl. Tafel II).

hoch angebrachte Ziele durch Auftürmen von Baumaterial zugänglich zu machen, bekommt der Schimpanse für sein Leben einfach mit, und er bringt es doch aus eigener Kraft so weit, wenn die Umstände es erfordern und Baumaterial vorhanden ist.

Der erwachsene Mensch ist wohl deshalb geneigt, die eigentliche Schwierigkeit zu übersehen, die der Schimpanse bei solchem Bauen findet, weil er annimmt, das Aufsetzen eines zweiten Bauelementes auf das erste sei nur eine Wiederholung des Hinstellens der ersten auf den Boden (und unter dem Ziel); wenn die erste Kiste stehe, sei ja ihre Oberfläche einer Stelle ebenen Bodens äquivalent, und deshalb an dem Auftürmen eigentlich nur das Anheben etwas äußerlich Neues. So scheint höchstens noch fraglich zu bleiben, ob die Tiere einigermaßen »ordentlich« dabei vorgehen, ob sie die Kisten nicht durchaus ungeschickt handhaben u. dgl. Ich selbst hatte keineswegs erwartet, durch die Beobachtung noch vor eine weitere und viel wichtigere Frage gestellt zu werden. Daß aber noch eine besondere Schwierigkeit vorliegt, dürfte schon aus dem weiteren Einzelbericht über Sultans Anfänge im Bauen hervorgehen.

Ich wiederhole: Als Sultan zum erstenmal eine zweite Kiste heranholt und anhebt (28. 1.), bewegt er sie dann in rätselhafter Weise im Raum über der ersten umher und setzt sie nicht auf diese. Beim zweitenmal (8. 2., vgl. S. 106) stellt er sie anscheinend ohne jede Unsicherheit steil auf die untere, aber der Bau ist noch zu niedrig, da das Ziel versehentlich zu hoch aufgehängt wurde. — Der Versuch wird sogleich fortgesetzt, das Ziel etwa 2 m seitlich an eine niedrigere Dachstelle gehängt, der Aufbau Sultans am alten Ort gelassen. Der Mißerfolg scheint jedoch sehr störend nachzuwirken; denn Sultan bekümmert sich lange Zeit um die Kisten gar nicht, sehr im Gegensatz zu andern Fällen, wo eine neue Lösung entstanden ist und nun im allgemeinen (Koko hat allerdings eine Lösung beinahe wieder verloren) leicht wiederholt zu werden pflegt. Es mag wohl sein, daß für den Schimpansen (wie den Menschen) das praktische »Durchkommen« mit einer Methode für die Einschätzung ihrer Tauglichkeit hinterher mehr bedeutet, als sachlich ganz gerechtfertigt wäre (Beurteilung ex eventu im schlechten Sinn).

Mitunter geht es einem so, daß man eine mathematische oder physikalische Frage mit vollkommen richtigen »Ansätzen« zu bearbeiten beginnt, weiter rechnet oder denkt, auf einen Punkt kommt, wo sich anscheinend der Weg verliert, nun das ganze Verfahren verwirft,

und erst später einmal entdeckt, daß die Methode vollkommen richtig und jene Schwierigkeit nur ganz nebensächlicher Art war, daß sie mit Leichtigkeit hätte überwunden werden können. Wäre beim Auftreten der gedankliche Zusammenhang allein maßgebend gewesen und streng nachgeprüft worden, so hätte sich schon damals zeigen müssen, daß das Hindernis unwesentlich war. Je weniger man gerade alle in Betracht kommenden Zusammenhänge übersieht, desto mehr wird man sich durch einen äußerlichen Mißerfolg einschüchtern lassen, und so ist es nicht überraschend, daß der Schimpanse, der gewisse Seiten der Situation durchaus nicht klar erfaßt, von einem methodisch unwesentlichen Mißerfolg ebenso wie von einem prinzipiellen Fehler beeinflußt wird und das Ganze mutlos aufgibt, weil ein Nebenumstand die erste Ausführung mißlingen ließ. Ein gutes Beispiel hat schon Grande geliefert, als sie plötzlich eine zweite Kiste auf die erste setzt: Die Lösung ist nicht nur objektiv prinzipiell gut, sie tritt auch mit dem Charakter der Echtheit auf; aber das Unglück will, daß die obere Kiste mit einer Ecke auf ein Querbrett gerät, das über die Oberfläche der unteren genagelt ist; als das Tier aufsteigen will, rutscht die Kiste zur Seite, Grande läßt sie ganz fallen und zeigt in ihrem Verhalten deutlich, daß für sie damit die ganze Methode zunächst nicht mehr in Betracht kommt. — Aber dergleichen entspringt immer dem Umstand, daß eine Seite der Angelegenheit nicht klar überschaut ist, und so kommen wir schon zu dem Hauptpunkt: Der Versuch mit zwei Kisten enthält Bedingungen, welche der Schimpanse nicht recht erfaßt.

Im weiteren Verlauf des Versuches kommt es zu einer merkwürdigen Episode: Das Tier wendet sich älteren Methoden zu, will den Wärter an der Hand zum Ziel bringen, wird abgeschüttelt, versucht dasselbe bei mir und wird ebenfalls abgewiesen. Der Wärter bekommt den Auftrag, wenn Sultan ihn wieder heranholen will, scheinbar nachzugeben, aber, sobald das Tier ihm auf die Schulter klettert, tief niederzuknien. Nicht lange, so kommt es wirklich hierzu: Sultan steigt auf die Schultern des Mannes, sobald er ihn unter das Ziel gebracht hat, der Wärter bückt sich schnell, das Tier steigt klagend herab, faßt den Wärter mit beiden Händen unters Gesäß und bemüht sich heftig, ihn in die Höhe zu drücken. Eine überraschende Art, das menschliche Werkzeug zu verbessern!

Als Sultan sich danach nicht mehr um die Kisten kümmert, erscheint es — die Lösung hat er ja schon einmal selbst gefunden — durchaus angebracht, die Wirkung des unverschuldeten Mißerfolges aufzuheben. Ich stelle Sultan seine Kisten unter dem Ziel aufeinander, genau wie er es vorher an der ersten Zielstelle getan hat, und lasse ihn das Ziel erreichen.

Was die Bemühung Sultans anbetrifft, den Wärter wieder aufzurichten, so möchte ich mich wieder von vornherein gegen den Vorwurf des »Mißverstehens«, des »Hineinlegens« entschieden verwahren: der Vorgang ist schlechterdings nur beschrieben, und mißverstanden kann er überhaupt gar nicht werden. Damit jedoch der Fall als isoliert nicht Bedenken erregt — die an sich nicht berechtigt sind, sobald feststeht, daß Sultan den Wärter und mich nicht einmal, sondern immer wieder als Schemel zu verwenden sucht — reihe ich kurz die Beschreibung ähnlicher an: (19. 2.) Sultan kann auf die Lösung eines Versuches

nicht kommen, in welchem das Ziel jenseits des Gitters außer Reichweite liegt; ich stehe innerhalb in seiner Nähe. Nach vergeblichen Bemühungen anderer Art kommt das Tier auf mich zu, ergreift meinen Arm, zieht mich daran dem Gitter zu, zugleich mit aller Kraft zu sich herunter und schiebt meinen Arm zwischen den Gitterstäben dem Ziele zu. Als ich es nicht greife, geht er zum Wärter und versucht bei diesem genau das gleiche. — Später wiederholt er (26. 3.) dies Verfahren mit dem einzigen Unterschiede, daß er mich zuerst, da ich diesmal draußen stehe, mit kläglichem Bitten an sein Gitter lockt. In diesem wie dem ersten Falle habe ich gerade so viel Widerstand geleistet, daß das Tier ihn eben noch überwinden konnte, und es ließ nicht eher von mir ab, als bis meine Hand auf dem Ziel lag und ich ihm (im Interesse des Experimentierens in Zukunft) doch den Gefallen nicht tat, sie heranzuholen. — Ich erwähne weiter, daß die Tiere an einem heißen Tag den Gang »Wasser« länger als gewöhnlich erwarten mußten, und deshalb am Ende den Wärter einfach an der Hand, am Fuß, an der Kniekehle festnahmen und mit aller Gewalt der Tür zudrängten und zuschoben, hinter der der Wassertopf zu stehen pflegt. Das wurde dann für längere Zeit ständiger Brauch; versuchte der Mann weiter Bananen zu füttern, so nahm ihm Chica diese wohl auch kurzweg aus der Hand, legte sie beiseite und zog ihn zur Tür (Chica hat immer Durst). — Es wäre ganz verfehlt, wollte man den Schimpansen gerade in solchen Dingen für stumpf und blöd halten. Zu dem oben berichteten Vorkommnis ist noch zu bemerken, daß die Tiere bei der hiesigen Männertracht (Hemd und Hose ohne Rock) den Menschenkörper besonders leicht verstehen können. Ist ihnen noch etwas unklar, so untersuchen sie es bei Gelegenheit, und man braucht nur an Kleidung oder Tracht (Bart) eine stärkere Änderung vorzunehmen, so stellen Grande und Chica bald eine sehr interessierte Prüfung an.

Nach der ermutigenden Hilfe werden die Kisten wieder beiseite gestellt. Ein neues Ziel kommt an die gleiche Dachstelle. Sultan macht sofort und recht schnell einen Aufbau aus beiden — aber an der Stelle, wo ganz zu Anfang des Versuches das Ziel gehangen und sein eigener erster Aufbau gestanden hat. Unter etwa hundert Fällen von Kistenverwendung und Bauen ist dies das einzige Mal, daß eine Torheit dieser Art begangen wurde. Sultan macht dabei einen vollständig verworrenen Eindruck und ist vermutlich erschöpft, da der Versuch in dem heißen Raum schon über eine Stunde dauert[1]. Die Kisten werden, da Sultan sie dauernd ganz planlos hin und her schiebt, am Ende noch einmal unter dem Ziel aufeinandergesetzt; Sultan erreicht es und wird entlassen. Nur an einem Tage habe ich ihn noch ähnlich verstört und wirr gesehen.

Am folgenden Tage (9. 2.) zeigt sich klar, daß in der Sache selbst eine besondere Schwierigkeit liegen muß: Sultan holt eine Kiste unter das Ziel, bringt aber die zweite nicht heran; schließlich wird ihm der Aufbau

[1] Ich bemerke jetzt, daß ich in den ersten Monaten die Tiere überhaupt etwas stark angestrengt habe; die ihnen und dem Klima angemessene Langsamkeit des Vorgehens bildet sich erst mit der Zeit aus.

hergestellt, er erreicht das Ziel. Das sofort angebrachte neue — der Aufbau ist wieder zerstört — bringt ihn durchaus nicht zum Arbeiten; er will nur immer den Beobachter als Schemel benutzen; noch einmal wird der Aufbau für ihn gemacht. Unter das dritte Ziel setzt Sultan die eine Kiste, zieht auch die andere herbei, stockt aber im kritischen Augenblick, während sein Gebaren vollkommene Ratlosigkeit verrät; fortwährend blickt er zum Ziel auf und greift dabei unsicher an der zweiten Kiste herum. Ganz plötzlich packt er sie dann fest und setzt sie mit bestimmter Bewegung auf die erste. Die Unsicherheit während längerer Zeit steht im schärfsten Kontrast zu dieser plötzlichen Lösung.

Zwei Tage später wird der Versuch wiederholt; das Ziel hängt wieder an einer neuen Stelle. Sultan setzt eine Kiste etwas schräg unter das Ziel, bringt die zweite hinzu, hebt sie schon an — da läßt er sie, zum Ziel blickend, wie mutlos wieder sinken. Nach mehreren Intermezzos (Entlangklettern am Dach, Heranziehen des Beobachters) begibt er sich wieder ans Bauen, stellt sorgfältig die erste Kiste steil unter dem Ziel auf und hat nun große Mühe, die zweite auf sie hinaufzubringen; im Drehen und Zerren bleibt sie, mit ihrer offenen Seite über eine Ecke der unteren gestülpt, oben hängen, Sultan steigt hinauf und stürzt alsbald mit dem Bau zu Boden. Ganz erschöpft bleibt er in einem Winkel des Raumes liegen und betrachtet von hier aus Kisten und Ziel. Erst nach geraumer Weile geht er wieder an die Arbeit, stellt die eine Kiste steil auf und versucht so anzukommen, springt herunter, ergreift die zweite und erreicht in zähem Eifer schließlich, daß sie auf der ersten ebenfalls steil aufgerichtet steht, wenn schon so stark seitlich verschoben, daß sie bei jedem Versuch aufzusteigen, sogleich ins Kippen kommt. Erst nach vielem Herumprobieren, bei dem das Tier ganz offenbar blind verfährt und alles von Erfolg und Mißerfolg planloser Bewegungen abhängen läßt, ist die obere Kiste in einer Stellung, in der sie nicht schon unter dem probierenden Fuß ins Kippen kommt, und das Ziel wird erreicht.

Von diesem Versuch an verwendete Sultan die zweite Kiste stets sofort und war vor allem nie mehr ganz im unklaren darüber, wohin genauer er mit ihr sollte.

Der Bericht zeigt, daß nach der ersten selbständigen Lösung im ganzen viermal die Kisten für Sultan aufeinandergestellt wurden; in den Versuchen von Grande (Chica und Rana) habe ich nach der ersten Lösung

dreimal diese Hilfe gegeben, welche sehr geeignet erschien, die Tiere zu weiterem Beharren bei der Methode anzuspornen. Hätte ich sie stark hungern lassen und von Zeit zu Zeit immer wieder in die gleiche Situation gebracht, so wäre die Fortentwicklung des Bauens wohl auch ohne diese Eingriffe dieselbe gewesen. Wichtiger jedoch als die Frage, ob die Schimpansen ohne Ermutigung beim Bauen bleiben und dann zu Bauten aus drei und vier Elementen übergehen, kam es mir nach den ersten Erfahrungen vor, daß sofort eingehend ihre Art des Bauens beobachtet werde; deshalb habe ich die Tiere nach der ersten prinzipiellen Lösung möglichst zum Bauen ermuntert.

Wäre das Aufsetzen der zweiten Kiste nichts anderes als die Wiederholung der einfachen Kistenverwendung (zu ebener Erde) auf einer höherliegenden ebenen Fläche, dann wäre nach den sonstigen Erfahrungen gar nicht zu erwarten, daß die einmal gefundene Lösung sich nicht recht will reproduzieren lassen: Sultan und Grande ist es ja in den Tagen dieser Versuche schon ganz geläufiges Verfahren, hoch angebrachte Ziele mit Hilfe einer Kiste zu erreichen, wie sich das auch in den Versuchen zeigt; aber beide kommen nicht leicht zu einer Reproduktion des Bauverfahrens, und ein Blick auf die Versuchsbeschreibungen zeigt, daß sicherlich nicht allein der erste (äußerlich-praktische) Mißerfolg hieran schuld ist. Ebenfalls ist ein ganz äußerliches Moment nicht die Hauptursache: Die Kisten sind freilich schwer für die kleinen Tiere, und es gibt im Verlauf der Versuche Augenblicke, wo sie einfach mit dem Gewicht nicht fertig werden. Aber man muß nur sehen, mit welcher Energie und mit wie gutem Erfolg sie die Last im allgemeinen stemmen und heben, wenn sie überhaupt aufbauen, und wie sie auch wieder in den Zustand vollkommener Ratlosigkeit geraten können, während sie die zweite Kiste schon hoch genug erhoben halten und sie (nach Menschenbegriff) nur eben noch auf die untere herabzusenken brauchen — die Tiere unterlassen das weitere Bauen nicht aus bloßer Scheu vor der körperlichen Anstrengung. Eher sind sie ganz zuerst ein wenig ungeschickt. Aber auch darauf darf man nicht zuviel geben; denn wahrscheinlich hängt doch das Aufgeben der Methode nach der ersten Probe mit dem sonstigen merkwürdigen Verhalten, der mehrfachen plötzlichen Ratlosigkeit gegenüber den zwei Kisten, innerlich zusammen, und dies Gebaren hat gar nichts mit Ungeschicklichkeit zu tun. Das Tier verfährt dann nicht wie jemand, der eine bestimmte Handlung

ungeschickt vollzieht, sondern wie jemand, dem die Situation überhaupt keine eindeutige Anweisung zu einer bestimmten Handlung gibt.

Diese Hemmung, Ratlosigkeit oder wie man es nennen will, die die Tiere in den ersten Versuchen befallen kann, wenn offenbar die Lösung »Zweite Kiste darüber!« schon aufgekommen ist, und sie bereits an die Ausführung gehen, wurde dreimal an Sultan, zweimal an Grande und am besten später (Frühjahr 1916) an der erwachsenen Tschego beobachtet, als diese zum erstenmal eine Kiste auf die andere setzen wollte. Ich betone noch einmal: Zunächst geht alles gut; nachdem die Tiere ganz in die Situation eingeweiht sind und sich überzeugt haben, daß sie von der einen Kiste aus das Ziel nicht erreichen, kommt ein Augenblick, wo plötzlich die zweite Kiste in die Aufgabe einbezogen wird. Sie zerren sie dann hin oder (Tschego) tragen sie bis heran und stocken mit einem Male, wenn sie der ersten nahekommen. Mit unsicheren Bewegungen halten sie die zweite hin und her über der ersten (falls sie sie nicht sofort ratlos zu Boden sinken lassen, wie einmal Sultan), und wenn man nicht wüßte, daß dieselben Tiere im gewöhnlichen Wortsinn vortrefflich sehen, so könnte man glauben, extrem Schwachsichtige vor sich zu haben, die nur schlecht erkennen, wo eigentlich die erste Kiste steht. Bei Tschego besonders dauert das Herumheben der zweiten über der ersten Kiste und seitlich aufwärts von ihr eine ganze Weile, ohne daß beide sich für mehr als Momente berühren. Man kann das wirklich nicht ansehen, ohne sich zu sagen: Hier liegen zwei Aufgaben vor; die eine (»Zweite Kiste darüber!«) ist für die Tiere wirklich keine sehr große Anforderung, wenn sie erst einfache Kistenverwendung kennen; die andere, »eine Kiste an der anderen anbringen, so daß sie erhöht festbleibt«, ist äußerst schwer. Denn darin liegt der einzige wesentliche Unterschied zwischen der Verwendung einer Kiste auf dem Boden und auf dem Aufsetzen einer zweiten auf die erste: In jenem Fall wird auf die homogene und formenlose Bodenfläche, welche keinerlei besondere Anforderungen stellt, eine kompakte Form niedergelassen oder sie wird gar nur auf ihr entlanggezerrt (bis unters Ziel), ohne sie je zu verlassen; — in diesem Fall soll ein engbegrenzter Körper von spezieller Form mit einem andern gleichartigen in einer Weise zusammengebracht werden, daß ein bestimmtes Resultat sich ergibt, und hierbei scheint der Schimpanse an eine Grenze seiner Fähigkeiten zu kommen.

Ein Rückblick läßt sofort sehen, daß die früher beschriebenen Versuche mit nur einer Kiste auf ebenem Boden notwendig über diese Schwierigkeit hinwegtäuschen müssen und insofern kein zureichendes Bild vom Schimpansen geben können: Entweder zieht das kleine Tier seine Kiste bis ungefähr unter das Ziel oder es kantet sie hin. In beiden Fällen ist es recht gleichgültig, ob die Kiste einige Zentimeter, ja Dezimeter nach rechts, links, vorn, hinten verschoben ist; überall bleibt der Boden gleich eben (das Ziel trotz kleiner seitlicher Abweichungen doch gut erreichbar[1]) und deshalb begibt sich die Kiste unter den Händen des Schimpansen — der gar kein Problem sieht — in kurzer Bewegung von selbst in eine Gleichgewichtslage, in der sie brauchbar ist. — Ganz anders der Versuch mit zwei Kisten: Hier begegnet der Schimpanse schon einem statischen Problem, das er lösen muß[2], da erste und zweite Kiste es nicht von selbst lösen, wie erste Kiste und ebener Grund es taten.

Diese Erörterung führt zu der Konsequenz, daß der Schimpanse auf eine sehr große Kiste unter dem Ziel, deren Oberfläche sich optisch und physikalisch mehr wie der Erdboden verhält, eine zweite viel kleinere ohne Mühe aufsetzen wird; wirklich stand in allen Fällen, wo ein großer Käfig das untere Bauelement bildete, die kleine zweite Kiste sogleich fest auf ihm, sobald sie hinauftransportiert war.

Es gibt zwei Arten von einsichtiger Statik, ebenso wie (vgl. oben S. 59) zwei Arten, die Hebelfunktion zu beherrschen. Die eine Art, die des Physikers (Schwerpunkt, Moment einer Kraft usw.), kommt hier ebensowenig in Betracht, wie sie mit den unzähligen Fällen etwas zu tun hat, in denen der Mensch Dinge »richtig« auf andere legt oder stellt. Leider hat die Psychologie bisher noch nicht begonnen, diese Art von Physik des naiven Menschen zu untersuchen, die rein biologisch eine größere Bedeutung hat als die Wissenschaft gleichen Namens, da ja nicht nur Statik und Hebelfunktion, sondern eine Fülle sonstiger Physik ebenso

[1] Zu große Fehler dieser Art gegenüber dem Ziel werden auch leicht und »echt« korrigiert (vgl. Koko); hier kommt kein Formfaktor höherer Art, sondern nur »grobe Distanz« ins Spiel.

[2] Er löst es wohl selten »echt«; aber sehr beachtenswert erscheint mir, daß Fälle vorkommen (wie die beschriebenen), wo doch wenigstens das anschauliche Problem als solches gewissermaßen wirkt und, da die Lösung nicht eintritt, den Schimpansen in einem ratlosen Zustand festhält: Er könnte ja die zweite Kiste auch einfach auf die erste irgendwie fallen lassen und brauchte nicht zu stocken; auch Unsicherheit kann bisweilen ein gutes Zeichen sein.

doppelt vorhanden sind und jedesmal die nicht wissenschaftliche Form in jedem Augenblick unser aller Verhalten bestimmt[1].

Wie immer die naive Statik des Menschen beschaffen sein mag, schon die oberflächlichste Beobachtung zeigt, daß »Schwere« einerseits und Raumformen im anschaulichen Sinn anderseits in ihr eine ebenso große Rolle spielen, wie Kräfte und Längen, abstrakt genommen, in der strengen physikalischen Statik. Mindestens eine jener »Komponenten« muß sich beim Schimpansen in einem recht unentwickelten Zustand befinden; denn der Totaleindruck immer wieder angestellter Beobachtungen an den Tieren führt zu dem Satz: Statik ist beim Schimpansen kaum eben vorhanden, fast alles, was sich an »statischen Fragen« beim Bauen ergibt, löst er nicht einsichtig, sondern rein probierend, und man kann sich keinen schrofferen Gegensatz denken als den zwischen echten Lösungen von plötzlichem Auftreten und geschlossenem Verlauf und dem blinden Herummachen mit einer Kiste auf der anderen, in welchem der Aufbau verläuft, wenn nicht ein Glücksfall (schon oben sind solche beschrieben) von vornherein Kiste auf Kiste mit ihren Flächen fest aneinanderlegt. Echte Lösung ist unzweifelhaft auch noch »Zweite (oder dritte, vierte — nicht als Zahlen, sondern als ‚weitere') Kiste über die erste bringen«, aber »Auf sie hinaufstellen« kann als Bezeichnung für das, was der Schimpanse dann wirklich treibt, nur mit Vorsicht gebraucht werden, da jene Worte schon unsere (nicht notwendig wissenschaftliche) Statik andeuten, und das Tier von dieser sehr, sehr wenig besitzt.

Nun kann man ganz Ähnliches an menschlichen Kindern der ersten Lebensjahre beobachten; auch diese probieren beim Versuch, ein Ding am andern anzubringen, indem sie das eine in verschiedenen, oft merkwürdigen Stellungen ans andere halten und bisweilen andrücken; ganz offenbar fehlt auch ihnen noch jene Art Statik. Während aber die Kinder beim Heranwachsen bis zu etwa drei Jahren das Einfachste von dieser naiven Gleichgewichtsphysik schon auszubilden pflegen, scheint der Schimpanse kaum wesentliche Fortschritte in dieser Richtung zu machen, auch wenn er Gelegenheit zur Übung genug hat. Denn obschon ihn bald seine Unsicherheit auf dem Gebiet Raumformen-Schwere nicht mehr so entmutigt, daß er angesichts des Kistenbeieinanders jede Bemühung aufgäbe, so bleibt

[1] Bei Fachgelehrten natürlich in allen Graden durchsetzt mit physikalischer Wissenschaft im strengen Sinn.

doch, nachdem Erfolge mit der Methode seine Zuversicht gestärkt haben, die nun munter unternommene Arbeit ungefähr genau so ein Probieren wie zu Anfang: ein Drehen, Zerren, Wenden, Kippen der höheren Kiste auf der unteren, so daß die Tiere, zumal Grande, schließlich durch ihre Geduld fast Bewunderung erwecken. Man muß nicht denken, daß so ein Bau auch nur von drei Kisten in wenigen Sekunden hergestellt wäre; je mehr die Kisten zu allerhand Zwischenfällen Anlaß geben, je kleiner sie sind, je mehr übergenagelte Querleisten sie zusammenhalten, desto länger haben die Tiere zu tun, und es ist vorgekommen, daß Grande einige zehn Minuten immer wieder mit ihrem Bau allmählich in die Höhe kam, mit ihm umstürzte, wieder begann usw., bis sie vollkommen erschöpft war und einfach nicht mehr weiter konnte.

In der Wirre dieses Bauverfahrens sind einige Züge besonders charakteristisch. Kommt die obere Kiste in eine Lage, in welcher sie statisch durchaus befriedigend ruht, in der sie aber eine bedeutungslose wackelnde Bewegung ausführen kann, so wird sie oft aus dieser guten Lage herausgehoben oder -gedreht, wenn Hand oder Fuß die Schwankung entdecken (die Optik der Lage hat für die Kontrolle keine ohne weiteres merkliche Bedeutung). Kommt die obere Kiste hierbei oder sonst zufällig in irgendeine, übrigens vollkommen beliebige Stellung, in der sie nicht wackelt, so besteigt sie der Schimpanse mit Sicherheit, auch wenn nur ganz geringe Reibung an irgendeiner Stelle die statisch sonst vollkommen ungesicherte Kiste momentan fixiert, und diese bei Belastung notwendig und unverzüglich stürzen muß. So will Sultan, als wäre das selbstverständlich, die zweite Kiste besteigen, die nur eben über eine Ecke der unteren gestülpt hängengeblieben ist. — Ob eine Kiste seitlich weit aus dem Bau heraus in die Luft steht u. dgl., das ist danach dem Schimpansen ziemlich gleichgültig, und so muß (vgl. eine der Bauten von Grande, S. 108) einmal die dritte Kiste vielleicht gerade noch nicht fallen, wenn man die vierte und Grande selbst darüber entfernt. Man sieht, was herauskommt, wenn der Schimpanse hier zum erstenmal ganz deutlich von seiner optischen Behandlung der Situationen abgeht, und zwar wahrscheinlich, weil sie das Erforderliche bei ihm nicht mehr leisten kann. Es wachsen unter seiner Hand Gebilde auf und werden sogar oft genug mit Erfolg bestiegen, die, vom statischen Gesichtspunkt aus betrachtet, fast an die Grenzen des für uns Verständlichen kommen, da eben alle uns geläufigen (vor allem optisch in uns

festliegenden) Baustrukturen höchstens durch Zufall und sozusagen im Kampf um das Nichtwackeln gelegentlich zustande kommen. Prüft man den ersten Dreikistenbau Grandes (vgl. Taf. III, ich hoffe, die Reproduktion wird es erkennen lassen) etwas genauer, so sieht man, daß dieser kaum »lebensfähig« ist, und wirklich steht er im Augenblick der Aufnahme schon nicht mehr aus eigener Kraft, sondern nur infolge des richtig angesetzten Gewichtes von Grande selbst, die sich ihrerseits oben am Ziel festhält und es nicht loslassen oder abnehmen kann, ohne mit dem Bau zusammenzubrechen[1]. Dergleichen ist ganz häufig, nur daß die Bauten oft viel abenteuerlicher aussehen; meistens erfolgt die Katastrophe, ehe man zu einem günstigen und ruhigen Augenblick für die Aufnahme kommt.

Aus dieser Beschreibung folgt schon, daß die Tiere die fehlende (Alltags-)Statik des Menschen teilweise durch eine Statik dritter Art ersetzen, nämlich die des eigenen Körpers, für die ja ein besonderer neuro-muskulärer Apparat automatisch sorgt. In dieser Hinsicht ist der Schimpanse, wie mir scheint, dem Menschen womöglich überlegen, und er zieht wesentlichen Vorteil aus dieser guten Gabe. Steht er erst einmal auf einem Bau, dessen Statik dem Zuschauer Angst einflößt, so wird jede verdächtige Bewegung und Neigung, die sich andeutet, momentan und mit Meisterschaft durch Verlagerung des Körperschwerpunktes, Heben der Arme, Beugen des Rumpfes usw. kompensiert, so daß nun auch die Kisten unter dem Tier gewissermaßen von dessen Labyrinth-Kleinhirn-Statik mit abbekommen. Man kann wohl sagen, daß bei einem großen Teil der Bauten das Tier selbst mit seiner fein geregelten Gewichtsverteilung einen Bestandteil ausmacht, ohne den das Gebäude stürzen muß. Aber freilich: dazu kommt es, von einer »Lösung« im Sinne der sonst hier beschriebenen kann bei dieser (im engeren Sinn physiologischen) Leistung nicht die Rede sein.

Ich warne vor einer ungefähren, bequemen und gegenüber dem wirklichen Tatbestand ganz nichtssagenden Wendung, als seien die Tiere nur zu unordentlich und fahrig, um mehr regelrecht statisch zu bauen. Für den Neuling kann ihre Art zunächst so wirken; längere Beobachtung von Grandes unermüdlichem Fleiß, der ebensowohl »statisch Ordentliches« nach dem Entstehen wieder zerstört, weil etwas daran wackelt, wie »statisch Verkehrtes« in angestrengtem Probieren herstellt, wird jeden belehren, daß

[1] Sofort nach der Aufnahme ist das Unglück denn auch geschehen.

die Ursache tiefer liegt, und wenigstens die bisher beobachteten Tiere hier durch eine Schranke ihrer »optischen Einsicht« prinzipiell behindert werden[1].

Wenn die Tiere ein passendes Zusammen der Bauelemente nicht einsichtig herstellen können, so darf man sich nicht darüber wundern, daß sie ein bestehendes Zusammen oft nicht erfassen und deshalb ohne Einsicht damit umgehen, da wieder die entsprechenden Teile der Menschenphysik (naiver Art) fehlen und anscheinend nur schwer erworben werden; auch hier handelt es sich nicht einfach um Unordnung und Hast. So kann man mitunter sehen, daß Grande (auch andere), auf einer Kiste stehend, eine andere hinaufziehen will, die einerseits offen ist und in die die schon aufgestellte Kiste mit einer Ecke hineinragt. Grande verhindert also mindestens zum Teil durch ihr eigenes Gewicht, das auf beiden lastet, daß jene zweite Kiste gehoben werden kann, und sie gibt sich doch große Mühe, diese in die Höhe zu zerren, reißt und schüttelt und gerät am Ende in Wut, wie sie ahnungslos sich selbst behindert. — Ebenso kommt es vor, das Grande auf einer Kiste steht, die an den Enden von zwei andern wie von zwei Pfeilern getragen wird[2] und ihr nun eine der unteren Kisten als Bauelement gut scheint; dann zerrt sie diese, wenn es geht, ruhig an der Seite heraus und erschrickt sehr, wenn sie nun (sachlich notwendigerweise) mit der Kiste, auf der sie steht, zu Boden stürzt. Noch 1916 habe ich das gesehen; es kommt eben nicht zu einer wesentlichen Besserung.

Daß man gut tut, beim Bauen nicht die offene Seite einer Kiste nach oben zu kehren, scheinen die Tiere dagegen zu lernen, obwohl gerade dies kein Punkt von hervorragender Bedeutung ist, und viele Bauten zustande kamen, in denen quer über einer Öffnung die nächste Kiste ganz fest lag. Jedenfalls kommt diese Bauart allmählich seltener vor.

[1] Nueva ging mit Raumformen so viel klarer um als alle andern, daß man daran denken könnte, sie hätte vielleicht auf etwas andere Art gebaut, wenn sie überhaupt bis zu Bauversuchen gekommen wäre. — Daß eine »optische Schwäche« vorliegt, gilt deshalb auf jeden Fall, weil auch die naive »Gravitationsphysik«, die »Schwere«, zum guten Teil optisch festgelegt ist.

[2] Derartiges kommt nur durch Zufall zustande. Niemals hat eines der Tiere einen Aufbau absichtlich nach dem Brückenprinzip gemacht, obwohl ich ihnen in mehreren Versuchen ein solches Verfahren recht nahelegte, z. B. das Ziel hoch aufhängte, links und rechts von ihm schwere, feste Sockel von vornherein aufstellte und ein starkes Brett in die Nähe brachte, so daß sie dieses nur quer hinüberzulegen brauchten, um auf ihm, in der Mitte stehend, das Ziel zu erreichen. Das Brett wurde (von Sultan und Chica) stets als Springstock gebraucht. — Ähnlich wie dieser sind auch alle sonstigen Versuche mißlungen, in denen prinzipiell das Angreifen zweier Kräfte zugleich eine Rolle spielt.

Das Aufsetzen höherer Kisten auf die unteren kann vom Erdboden oder den vorstehenden Rändern niedrigerer Etagen (von unten) erfolgen, aber auch so, daß das Tier selbst auf der obersten Fläche stehend, die nächste Kiste zu sich hinaufzerrt. Jenes Verfahren ist im allgemeinen praktischer, da bei ihm der Architekt nicht der eigenen Arbeit im Wege ist wie leicht im andern Fall, und zu Anfang wandten es die Tiere auch regelmäßig an; in gemeinsamen Bauversuchen der ganzen Gesellschaft, die später beschrieben werden, kam aber zuviel darauf an, die jeweilige Oberfläche des Baues besetzt zu halten, und so wurde hierbei das zweite Verfahren gebräuchlich.

Bisweilen erscheint es angebracht, eine aus den Beobachtungen hervorgehende Tatsache durch einen Extremversuch in schärfster Form darzustellen. Zu diesem Zweck wurden die Tiere in unserm Fall vor die folgende Situation als Aufgabe gestellt: Das Ziel ist hoch angebracht, eine Kiste liegt in der Nähe, aber der Grund unter dem Ziel ist von einem Haufen mittelgroßer Steine bedeckt, auf denen eine Kiste kaum genügend fest aufgestellt werden kann. (11. 4. 14.) Chica stellt sich auf den Steinhaufen und sucht vergeblich mit der Hand, später mit einem Stock anzukommen; um die Kiste kümmert sie sich überhaupt nicht und nach kurzer Zeit auch nicht mehr um das Ziel. — Ein zweiter Versuch, mehrere Stunden später am gleichen Tage, hat genau den gleichen Verlauf. Damit ist natürlich nichts anzufangen; daß Chica den Steinhaufen sofort als Hindernis sieht, erscheint mir vollkommen unmöglich, da sie es in viel gröberen Hindernisversuchen nie zu solcher Klarheit des Erkennens gebracht hat; auf jeden Fall würde sie wenigstens eine Probe machen. — Um so eindeutiger verlief der Versuch mit dem klügsten Tier, Sultan, bei ebenderselben Situation und am gleichen Tage: Er zieht sofort die Kiste auf den Steinhaufen, bringt sie aber nicht recht zum Stehen, zerrt von weither eine große Käfigkiste heran, kippt sie auf die Steine, setzt die erste darüber und erreicht nach 15 Minuten schärfster Arbeit das Ziel, allerdings auf einem Bau, der vollkommen schief in die Luft steht. — Die Steine werden jetzt zu einer ganz spitzen Pyramide aufgeschichtet. Aber diesmal hat Sultan infolge glücklicher Zufälle schon in wenigen Minuten seine Kiste einigermaßen auf dem Haufen angebracht und erreicht abermals das Ziel. — Bei einer dritten Wiederholung — die Pyramide ist wieder ausgebessert — hat er keinen Erfolg und gibt bald seine Anstrengungen auf. — Während der Versuche hat er nicht die geringste Bewegung gemacht, um die Steine beiseitezuschieben und den Grund freizulegen.

Anstatt der Steine wird am folgenden Tage eine Anzahl Konservenbüchsen unter dem Ziel niedergelegt, und zwar in »Rollage«. — Sultan er-

greift sofort die Kiste und versucht sie auf den Blechdosen aufzurichten, wobei die Kiste immer wieder seitwärts fortrollt. Nach längerem Herumhantieren mit der Kiste hat er (durch Zufall) etwas seitlich unter dem Ziel die Büchsen so verschoben, daß ein freier Platz, groß genug, die Kiste (steil) daraufzustellen, zwischen ihnen entstanden ist. Aber er macht weiter angestrengte Versuche, die Kiste auf den Dosen aufzurichten, ohne diese freie Stelle im mindesten zu beachten. Nichts deutet auch in seinem Verhalten auf ein Bestreben hin, die rollenden Konservenbüchsen zu entfernen, obwohl das in wenigen Sekunden ohne jede Mühe geschehen könnte. Schließlich steht die Kiste zufällig auf Boden und Dosen, schräg, aber doch einigermaßen fest, und Sultan erreicht das Ziel.

Der Versuch mit Sultan wird dadurch besonders wichtig, daß dies Tier ja die belastenden Steine alsbald aus der Kiste nimmt, als diese sich nicht transportieren läßt; Hindernisse, die es als solche versteht, entfernt es also. Derselbe frühere Versuch zeigt auch, daß der Schimpanse nicht etwa Hindernisse als »vom Herrn« getroffene Vorkehrungen zu sehr respektiert, um sie zu entfernen. Das ist ein Anthropomorphismus. Wieso da merkwürdiger Kram unter dem Ziel liegt, darüber dürfte Sultan wohl keine Überlegungen anstellen, und was den Respekt anbetrifft, so spart er sich den im allgemeinen bis zu dem Augenblick auf, wo nach einem Vergehen die traurigen Folgen wirklich eintreten; es müßte sonst etwas so oft verboten sein wie das Entlangklettern am Dachgitter, welches allerdings in meiner Gegenwart selten vorkommt.

Im März 1916 kam dieselbe Prüfung mit Grande als Versuchstier zufällig zustande. Chica war mit einem kurzen, kräftigen Baumstamm vergeblich nach dem Ziel gesprungen und hatte ihn unter diesem liegenlassen. Grande fing an zu bauen, und zwar zunächst auf freiem Boden; als aber beim Herumhantieren mit den Kisten eine von diesen genau unter das Ziel und dabei auf den Stamm fiel, änderte das Tier seinen Plan und wählte diese Kiste zur Basis. Sie gab sich alle Mühe, einen Bau auf ihr zu errichten, und fortwährend kippte und rollte doch die Basis auf dem Baumstamm herum; aber Grande warf nicht einmal einen Blick auf das Hindernis, ebensowenig wie Sultan auf die Blechdosen.

Nach dem bisher Mitgeteilten kann man einen Typus von weiteren Beobachtungen im voraus konstruieren: Wenn der Schimpanse Aufgaben, die nur die (gewissermaßen »grobe«) Distanz zum Ziel betreffen, echt löst und zugleich fast nichts von unserer (naiven) Statik besitzt oder erlernt, so müssen geradezu notwendig »gute Fehler« vorkommen, in denen das Tier einen echten Versuch macht, jene Distanz besser zu überwinden — das ist das

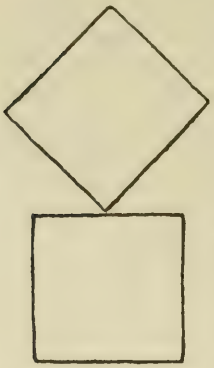
Gute daran — und dabei unwissentlich auf eine statische Unmöglichkeit ausgeht — das ist der Fehler.

Der erste dieser guten Fehler wurde nur in zwei Fällen beobachtet; er wirkt etwas verblüffend. (12. 2.) Chica bemüht sich in ihren ersten Versuchen vergeblich, mit einer Kiste das Ziel zu erreichen; sie sieht bald, daß auch die besten Sprünge nichts helfen und gibt die Methode auf. Plötzlich aber packt sie die Kiste mit beiden Händen, stemmt sie mit großer Anstrengung bis zur Höhe ihres Kopfes und drückt sie nun an die Wand des Raumes, der das Ziel nahe hängt. Bliebe die Kiste hier an der Wand von selbst »stehen«, so wäre die Aufgabe gelöst; denn Chica könnte leicht auf sie hinaufklettern und auf ihr stehend das Ziel erreichen. — Im gleichen Versuch später stellt Grande eine Kiste unter das Ziel, hebt den Fuß zum Aufsteigen und läßt ihn mutlos sinken, als ihr Blick sich nach oben richtet. Plötzlich packt sie die Kiste und drückt sie, immerfort zum Ziel hinaufsehend, in einiger Höhe an die Wand, wie Chica. — Der Lösungsversuch ist echt: Die Bewegungsfolge »Fußanheben« bis »Kiste-an-die-Wand-drücken« hat eine scharfe Unstetigkeit, »Sinkenlassen des Fußes« | »Kiste-anpacken«, und der Verlauf: »Anpacken — resolutes Anheben zu etwa 1 m Höhe — Andrücken an die Wand« ist aus einem Guß. Von Chicas Verhalten gilt ganz dasselbe. (Sicher falsch wäre die Deutung, als wollten die Tiere mit der Kiste das Ziel herunterschlagen. Wäre das ihre Absicht, so würden sie erstens ganz anders mit ihr umgehen, andere Bewegungen mit ihr machen, und zweitens würden sie die Kiste gerade hinauf in Richtung des Zieles heben und nicht, wie beide von vornherein wirklich, sie seitlich an die Wand drücken. Auf dies letztere Verhalten, wirklich einmal naive Statik, wenn schon schimpansische und äußerst primitive, komme ich weiter unten zurück.)

Man kann meinen, Grande ahme nach, was sie von Chica abgesehen hat; das ist, wenn man mit dem Nachahmen der Schimpansen erst näher bekannt ist, als eine recht unwahrscheinliche Behauptung anzusehen. Im übrigen bringt Grande das Verfahren als echten Lösungsversuch vor, und daran würde sich auch nichts ändern, wenn sie es doch übernommen haben sollte; der Schimpanse ahmt unsäglich schwer etwas nach, ohne daß es ihm irgendwie einleuchtet.

Ist von einer flachgestellten Kiste nicht anzukommen, so dreht der Schimpanse oft nach einem Blick hinauf die Kiste in Steilstellung. In derselben Richtung liegt eine weitere echte Verbesserung, die nur wieder den Fehler hat, den Anforderungen der Statik nicht zu genügen: Das

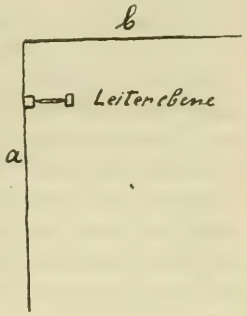
Tier steht auf einer Kiste und hat vor sich bereits eine zweite steil darauf gesetzt, aber ein Blick zum Ziel zeigt, daß die Distanz noch zu groß ist. Dann wird immer und immer wieder die steilgestellte Kiste aus ihrer Gleichgewichtslage heraus und in »Diagonalstellung« gedreht (vgl. Skizze), ja das Tier bemüht sich fortwährend und ernstlich, den so noch mehr erhöhten Baugipfel zu besteigen. Offenbar kann sich dieser Lösungsversuch dauernd erhalten und immer wiederkehren, weil dabei die Kiste unter den stützenden Händen zwar beweglich ist — das sind die Kisten schließlich doch in fast allen Fällen —, aber doch ohne Anstrengung des Tieres (in einem labilen Gleichgewicht) gewissermaßen »steht«. Mit einer erstaunlichen Hartnäckigkeit und Sorgfalt bringt besonders Grande noch gegenwärtig diesen guten Fehler stets von neuem vor.



An diese beiden Fälle ist ein dritter anzureihen, in dem es sich zwar nicht eigentlich um das Bauen, wohl aber um das Gebiet der Statik handelt: Chica sucht das Springstockverfahren mit dem Bauen zu kombinieren, und beginnt entweder ihr rasendes Klettern von dem Bau aus, während die Stange daneben auf dem Erdboden aufsteht, oder sie setzt auch diese auf die Kisten auf, wenn der Bau hierzu einigermaßen fest genug ist — was natürlich wieder nicht optisch festgestellt wird. Liegt nun die oberste Kiste mit der Öffnung nach oben gekehrt, so ragen am höchsten hinauf die schmalen Kistenränder; also setzt Chica ihre Stange nicht in die offene Kiste hinein und auf deren Grund, sondern mit aller Sorgfalt so hoch wie möglich, d. h. auf eine Stelle des Kistenrandes, der vielleicht 15 mm breit ist. Zum Glück rutscht die Stange stets von der schmalen Kante herunter, ehe Chica noch recht zu klettern angefangen hat; es könnte sonst doch einmal einen schlimmen Sturz geben. Sie selbst aber tut alles, um diesen zu verwirklichen, und setzt immer wieder die Stange auf den Rand. Auch hier entsteht aus dem Verstehen in einer Hinsicht (Höhe und Annäherung an das Ziel) und vollkommener Ahnungslosigkeit in anderer (Statik) ein guter Fehler.

Das Aufstellen einer Leiter ist der Anforderung nach dem Aufbauen von Kisten so verwandt, daß es hier behandelt werden soll. In beiden

Fällen ergibt sich, wenn die Verwendung der Werkzeuge an und für sich bereits aufgekommen ist, die spezielle Art, sie gebrauchsfertig zu machen, als eine davon ganz unabhängige Aufgabe der Werkzeugherrichtung und der Statik. Der Leitergebrauch des Schimpansen lehrt jedoch zwei Punkte scharf beachten, die beim Kistenbauen nicht ohne weiteres auffallen.



Als Sultan die Leiter (anstatt einer Kiste oder eines Tisches [vgl. oben S. 39]) zum erstenmal verwendet, sieht sein Umgehen mit ihr sehr merkwürdig aus: anstatt sie an die Wand anzulehnen, in deren Nähe das Ziel am Dache hängt, richtet er sie genau unter dem Ziel, frei auf dem Boden, senkrecht auf und versucht so, an ihr in die Höhe zu klettern. Wenn man das Tier und seine sonstigen Gewohnheiten schon kennt, sieht man sofort, als was die Leiter hier verwendet wird, nämlich als Springstange. Das Tier bemüht sich, dieses längliche, hölzerne Gebilde ebenso zu verwenden wie sonst Stöcke und Bretter. — Als das durchaus nicht gelingt, wird das Verfahren geändert: Sultan lehnt die Leiter wirklich an die benachbarte Wand (*a*), aber vollkommen abweichend vom menschlichen Verfahren so, daß der eine Holmen in vertikaler Richtung der Wand anliegt, während die Leiterebene senkrecht von der Wand (*a*) fort in den Raum steht. So besteigt er die Leiter. Da das Ziel in der Nähe einer Zimmerecke aufgehängt ist, und deshalb das aufsteigende Tier die andre Wand (*b*) dicht vor sich hat (vgl. die Skizze), so gelingt es ihm, beim Besteigen der unteren Sprossen die Leiter und sich im Gleichgewicht zu halten, indem es den einen Arm gegen diese gegenüberstehende Wand stützt. Ehe jedoch das Ziel erreicht ist, kippt die Leiter, und nachdem Sultan mehrere Male mit ihr zu Boden gefallen ist, bleibt er eine Weile mißmutig liegen. Dann begibt er sich von neuem an die Arbeit und findet nach längerem Probieren eine Stellung, der uns wohlbekannten ähnlich, bei der er aufsteigen und das Ziel abreißen kann. Aber noch hierbei wie bei dem Probieren vorher entsteht der Eindruck, als wolle er durchaus nicht auf die menschliche Art hinaus, die Leiter anzustellen, sondern darauf, sie der Wandfläche möglichst anzufügen und doch dabei noch einigermaßen unter dem Ziel mit ihr zu bleiben; aber die erste Tendenz ist sehr

stark, beim Probieren zeitweise ganz überwiegend, und so steht die Leiter, wie er sie am Ende mit Erfolg verwendet, für unsere statischen Bedürfnisse noch viel zu steil.

Grande, die ganz schlechte Turnerin, gibt sich nicht gern mit der Springstange ab, und deshalb verwendet sie die Leiter zum erstenmal — sie war nicht bei Sultans Versuch zugegen — in ganz anderer Weise. (3. 2.) Das Ziel hängt wieder einer Raumecke nahe am Dach. — Grande holt die Leiter heran, lehnt sie quer, also so, daß ein Holmen seiner ganzen Länge nach auf dem Boden ruht, an die Wand und sucht vom oberen Holmen aus springend das Ziel zu erreichen. — Sie kennt erst seit wenigen Tagen die Verwendung von Kisten; wie sie hier, als in der gleichen Situation die Kiste fehlt, die Leiter hernimmt und quer unter das Ziel setzt, sieht man sofort, daß sie die Leiter als eine Art schlechte Kiste benutzt, die gegen die Wand gelegt werden muß. — Schon beim nächsten Versuch aber richtet sie die Leiter auf, und zwar jetzt, ganz ähnlich wie Sultan, in der Weise, daß ein Holmen, etwas schräg nach oben gerichtet, der Wand fast anliegt, während die Leiterebene senkrecht zu dieser in den Raum hineinragt. Dabei bekommt die angestützte Holmenecke oben an den etwas rauhen Wandbrettern genügend Reibung, um die Leiter gerade noch zu halten; als aber Grande vorsichtig die Sprossen hinaufsteigt, rutscht sie doch mit der Leiter ab. Trotzdem versucht sie es immer wieder mit der gleichen Stellung, bis einmal die Holmenecke oben auf einem minimalen Vorsprung (sicherlich durch Zufall) genügend Halt findet, und das Tier auf der Leiter, die nach unsern Begriffen nahezu in der Luft steht, genügend hinaufklettern kann, um das Ziel abzureißen. — Ein Vierteljahr später (14. 5.) wiederholte ich den Versuch mit Grande: Sie richtet die Leiter fast genau in der eben beschriebenen Stellung an der Wand auf, nur stärker von der Vertikalen abweichend. Wieder ist die Vorsicht und Präzision zu bewundern, mit der das Tier gefährliche Bewegungen der Leiter durch Verlagerung des Körpergewichtes fortwährend ausgleicht; denn wie früher wird die Leiter nur an der einen oberen Holmenecke von der Wand irgendwie festgehalten, der Vorgang sieht schon beinahe metaphysikalisch aus.

Sultan bleibt noch 1916 bei demselben Verfahren. Da auch Chica diese Stellung bevorzugt, und es nur dazwischen (weniger häufig) vorkommt, daß die Leiter mit ihrer Ebene ganz oder nahezu an die Wand gedrückt

wird, so ist diese Art, sie aufzurichten, kaum zufällig. Ebensowenig ist es ein Zufall, daß die unter Menschen übliche Leiteraufstellung auch nach langem Probieren niemals vollkommen — klar und einfach von vornherein (als echte Lösung) nicht ein einziges Mal — vorkam.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich:

1. Sieht man zunächst von dem Bemühen Sultans ab, die Leiter als Springstange zu benutzen, so zeigt sich in allem Weiteren, daß der Schimpanse unzweifelhaft doch einen ganz bescheidenen Anfang von Statik besitzt, und daß deshalb oben aus gutem Grund nur von dem fast absoluten Fehlen dieser naiven Wissenschaft die Rede war. Schon Grande und Chica heben ihre Kiste, die zu niedrig steht, nicht in die freie Luft, sondern sie pressen sie etwas seitlich erhöht an die Wand. Ebenso suchen Sultan, Grande und Chica einen Kontakt Leiter–Wand herzustellen, sobald das Bedürfnis nach Festigkeit rege wird, aber zunächst einen nur optischen Kontakt, und deshalb kommt ihnen beim weiteren Herumprobieren, das zumeist doch nötig ist, nicht sehr viel darauf an, ob wirklich und praktisch Berührung vorliegt: Wenn die Leiter nur »an der Wand« irgendwie stehenbleibt. Selbst beim Springstockverfahren zeigt sich dasselbe: Es fällt doch keinem der Tiere ein, eine Springstange, die zu kurz ist, einfach erhöht in die Luft, oder eine zweite (vgl. Rana, S. 98f.) zur Verlängerung frei darüberzuhalten; immer muß das Ende irgendwo aufstehen, zum mindesten (Rana) optisch anliegen. Und so zeigt noch das gefährliche Unternehmen Chicas, die die Spitze ihrer Stange auf die schmale Kante der offenen Kiste setzt, nicht nur statische Unklarheit, sondern eben durch die Sorgfalt, mit der sie gerade diese präzise Bewegung ausführt und ihren Stab nicht blindlings in die Luft steckt, ein deutliches statisches Bedürfnis.

Aber das Andrücken der Kiste an eine vertikale Wand erweist auch wieder, wie wenig über optischen (und hier noch Druck-) Kontakt hinaus dies Bedürfnis entwickelt ist, und das Anstellen der Leiter, das zwar deutlich darauf gerichtet ist, optische Angliederung (oder wie man das nennen will) zwischen Leiter und Wand zu erzeugen, und insofern kein reines Probieren ist, weicht doch, gerade weil dieser eine optische Faktor allein klar wirksam wird, von den Anforderungen unserer Statik beträchtlich ab. Die Leiter, die mit einem Holmen oder mit ihrer Fläche der Wand anliegt, ist optisch in stärkerem Kontakt mit dieser als eine Leiter,

die (in der unter Menschen gebräuchlichen Stellung) nur an vier Punkten, den Holmenenden, mit Wand und Boden Kontakt hat und statisch recht fest liegt, dem Schimpansen aber vermutlich wenig »befestigt« und fast im Leeren hängend vorkommt, ganz wie uns die von ihm bevorzugte Stellung. — Leider kommt es anderseits nicht zur vollständigen Ausnutzung des optischen Faktors: Auch beim Aufbauen von Kisten spielt wohl der optische Kontakt eine gewisse Rolle, aber in Wirklichkeit wird er niemals in dem höheren Sinn einer festen Zusammengliederung von Gestalten angestrebt, welche ja schon eine starke Annäherung an unsere (sehr in diesem Sinn orientierte) naive Statik ergeben müßte, und selbst der »Kontakt im Groben« wird schon halb außer acht gelassen, wenn höhere Kisten seitlich weit über ihre Grundlage hinaus in die Luft ragen. Wahrscheinlich besteht eine Tendenz, wo in einem Verfahren größere Klarheit doch nicht erreicht wird, auch die möglichen Spuren zugunsten des »Probierens« zu vernachlässigen. Nicht ebenso schlecht steht es mit dem Leiteraufrichten: Das Zusammen »Homogene Wand = Einfache Gesamtform der Leiter« übersieht der Schimpanse wohl besser als ein Zusammen zweier Kisten; hier ist etwas von Kontaktstatik nicht zu verkennen, wenn schon sie mit unserer Statik nicht übereinstimmt und objektiv recht unpraktisch ist. — Daß beim Aufstellen der Leiter gerade der eine Holmen an die Wand gelegt wird und die Leiterebene frei in den Raum hineinsteht, rührt vermutlich davon her, daß die Tiere das Werkzeug doch auch auf das Ziel am Dach gerichtet halten wollen; wären die ersten Leiterversuche mit dem Ziel an der Wand gemacht worden, so hätte sich am Ende das Andrücken der Leiterfläche an die Wand (unter dem Ziel) ganz durchgesetzt[1].

Da in dieser Schrift von Theorie so wenig wie möglich die Rede sein soll, so sei nur kurz darauf hingewiesen, daß die Lebensweise des Schimpansen der Ausbildung einer Statik geradezu hinderlich ist. Wir wissen[2], daß auch beim Menschen die feste Orientierung des Sehraumes um eine absolute Vertikale, ein festes Oben und Unten gesehener Gestalten, welches Umkehrungen als starke Änderungen wirken läßt, in den Kinderjahren erst allmählich zustande kommt. Die Hypothese, daß diese (normale) absolute Raumlage[3] ein Produkt unserer konstanten aufrechten Kopfhaltung ist, erscheint recht einleuchtend, ganz einerlei, ob man darin des näheren einen Einfluß der »Erfahrung« sehen will, oder (wie Verfasser) geneigt ist, eine unmittelbare physiologische Dauerwirkung der Gravitation und

[1] Neuere Versuche hierüber blieben unklar.
[2] W. Stern, Ztschr. f. angew. Psychol. 1909. — F. Oetjen, Ztschr. f. Psychol. 71, 1915.
[3] M. Wertheimer, a. a. O. S. 93ff.

der optischen Gestaltreize (bei dieser Kopfhaltung) auf gewisse Teile des arbeitenden Nervensystems anzunehmen. In jedem Fall wird es mit der Ausbildung dieser absoluten Raumorientierung schlechter bestellt sein, wenn man, wie der Schimpanse, den Kopf beinahe ebensoviel in anderen Stellungen hält wie in den vertikal aufgerichteten. Bedenkt man nun, wie sehr unsere Statik von der absoluten Vertikalen (und Horizontalen), dem festen Oben und Unten, allgemein einer festen Orientierungslage, abhängt — auch das Kind hat, solange dergleichen überhaupt nicht vorhanden ist, keine Statik im Sinn des Erwachsenen —, so sieht man leicht, daß der Schimpanse unter sehr ungünstigen Bedingungen für die Ausbildung von Statik lebt.

Um so mehr sind seine Lebensumstände geeignet, die Funktionen von Labyrinth und Kleinhirn zu üben, das Tier körperlich gewandt zu machen, derart, daß auch noch die schlechtesten Schimpansenturner die menschliche Konkurrenz nicht zu scheuen brauchten. Und so kommt in dem speziellen Fall hinzu, daß beim Aufbauen der Kisten, wie beim Leiteraufstellen ein rechter Ansporn zur Ausbildung von Statik fehlt, weil für den Schimpansen eben Bauten ausreichend besteigbar sind, denen sich nicht leicht ein Mensch anvertrauen würde.

Die angeführten Momente sind freilich nicht allein an dem Mangel schuld: Wenige Beobachtungen an den Tieren belehren schon darüber, daß eine viel allgemeiner wirkende Behinderung darin liegt, wie der Schimpanse, ganz abgesehen von der Fixierung der Raumlage, sich Gestalten und Strukturen gegenüber verhält. (Vgl. das letzte Kapitel.)

2. Kommt man noch unerfahren mit den Tieren zusammen und will sie irgendwie prüfen, so liegt es sehr nahe, ein zu speziellen Zwecken und mit Berücksichtigung vieler Umstände vom Menschen ausgebildetes Werkzeug, Leiter, Hammer, Zange u. dgl., den Schimpansen zu überlassen mit der Fragestellung, ob sie diese Instrumente wohl verwenden. Und ferner: Sieht ein unerfahrener Zuschauer die Tiere mit einer Leiter z. B. umgehen, so ist er leicht über den Entwicklungsgrad und die Intelligenz des Schimpansen erstaunt, wie er da das menschliche Werkzeug verwendet. Demgegenüber muß man sich durchaus klarmachen, daß das Tier nicht eigentlich eine »Leiter« gebraucht in der Bedeutung, die das Wort für den Menschen hat, und in die eine bestimmte Funktionsart (Statik) ebensowohl eingeht wie eine bestimmte Gestalt, — und daß für den Schimpansen, der im allgemeinen nur recht grobe Totaleigenschaften und nur die einfachsten Funktionen von Dingen übersieht, eine Leiter vor einem starken Brett, vor einer Stange, vor einem Baumteil, die er alle ähnlich verwendet, gar nicht sehr wesentliche Vorzüge hat[1]. Gebraucht er aber diese Gegen-

[1] Obwohl auch er sicherlich sieht, daß es »verschiedene Dinge« sind, und, wie diese ganze Schrift zeigt, nicht etwa nur diffuse »Erlebniskomplexe« durchmacht, (vgl. Volkelt. Vorstellungen der Tiere [1914], — wo niedere Tierformen betrachtet werden). Freilich haben die Dinge des Schimpansen auch nicht alle Eigenschaften unserer Dinge.

stände als Werkzeuge und ähnlich, wie er mit der Leiter umgeht, so macht der Zuschauer von der Leistung nicht viel Aufhebens, und zwar, weil er sich durch das äußerlich Menschliche im Gebrauch gerade einer »wirklichen Leiter« blenden ließ und dieser Anschein gesteigerter Menschlichkeit durch die Verwendung so unmenschlicher (aber für den Schimpansen äquivalenter) Werkzeuge durchaus nicht ebenso hervorgerufen wird. Man muß sich hier, wie stets bei der Untersuchung des Schimpansen, davor hüten, den äußeren Eindruck von Menschenähnlichkeit (womöglich vom Werkzeug her induzierter) mit dem Niveau der Leistung, dem Grad der Einsicht zu verwechseln. Beides geht gar nicht immer einander parallel. Ich möchte, um ganz klar werden zu lassen, wie das gemeint ist, als Beispiel anführen, daß ich keinen Wertunterschied zwischen der Leiterverwendung des Schimpansen und seinem Springstockverfahren anerkennen kann, und höchstens einen ganz geringen zwischen dem Anstellen einer Leiter unter dem Ziel und dem Anlegen eines kräftigen Brettes in der gleichen Lage. Die Leiter und das Brett werden ähnlich benutzt und leisten (wegen der greifenden Füße) nahezu dasselbe, während sie für den Menschen ganz verschiedenartig sind; die Kletterstange (im schimpansischen Sinn) ist für die meisten Menschen sicher ein miserables Werkzeug, für den Schimpansen ist sie womöglich brauchbarer und besser als die Leiter. Die Menschenähnlichkeit kann also hier gar nicht als Maßstab dienen.

Dafür muß man immer auf die Funktion ausgehen, in der das Tier den Gegenstand verwendet, muß herausfassen, was es davon wirklich übersieht; und wenn man erst weiß, welcherart die Funktionen sind, innerhalb deren der Schimpanse verstehen kann, was ein Gegenstand funktionell wert ist, so wird man lieber in diesem Gebiet einfachster, schlichter Zusammenhänge genau untersuchen, was das Tier klar leistet und wie es dabei auf seine Lösungen kommt, als es mit komplexen Artefakten des Menschen zusammenbringen, in die eine große Anzahl feiner funktioneller Gesichtspunkte sozusagen hineingearbeitet ist: denn so steht es bei näherem Zusehen bereits mit Leiter, Hammer, Zange usw. Das Tier wird jedesmal die Hälfte dessen, was dem Menschen an dem Instrument wichtig ist, vollkommen unbeachtet (und unverstanden) lassen, und zum Teil einen verworrenen, unklaren Eindruck machen, weil es das Werkzeug nicht »ordentlich« gebraucht, zum Teil imponierend menschlich aussehen, weil es ge-

rade mit »Leiter, Hammer, Zange« umgeht. Sowohl für die Einschätzung des Schimpansen seiner Entwicklungsstufe nach wie für die intelligenztheoretischen Pläne, die man mit solchen Untersuchungen verfolgen kann, fallen die Versuche schärfer aus, sind sie wertvoller, wenn man die komplex-funktionellen Werkzeuge des Menschen nicht als Situationsglieder verwendet, sondern nur Material der schlichtesten Art und der einfachsten funktionellen Eigenschaften; andernfalls verwirrt man die Tiere und — sich selbst als Beobachter. Nur solange das Gebiet einfacher Intelligenzleistungen gegenüber der anschaulichen Umwelt nicht einmal oberflächlich untersucht ist, kann übersehen werden, daß man sich über die schlichtesten Funktionen vom einsichtig zu erfassenden Typus orientieren muß, ehe man Tiere mit ganzen Problemansammlungen auf einmal zusammenbringt.

Etwas anders liegen die Dinge, wenn man zu einer neuen Fragestellung übergeht: Kommt es nicht mehr in erster Linie darauf an, zu untersuchen, was der Schimpanse ohne Hilfe einsichtig zu behandeln vermag, ist man hierüber erst einigermaßen orientiert, dann kann man in weiteren Versuchen feststellen, inwieweit er funktionell komplexere Gebilde (und Situationen überhaupt) verstehen lernt, wenn man ihm jede mögliche Hilfe dabei gibt. Auch wir haben ja nicht alles, was wir jetzt einsichtig behandeln, eines Tages erfunden, sondern genug davon unter sehr starken Hilfen gelernt, und so wäre es für später eine sinnvolle Frage: Lernt der Schimpanse die Leiterstellung des Menschen verstehen? Erfaßt er, wenn man ihm hilft, schließlich genau, was eine Zange funktionell bedeutet?

Anhang. Gemeinsames Bauen. Als die brauchbaren Tiere das Auftürmen von zwei Kisten schon kannten, wurde ihnen insgesamt häufiger Gelegenheit gegeben, auf dem Spielplatz nach einem hochangebrachten Ziel hinzubauen; mit der Zeit wurde eine rechte Lieblingsbeschäftigung daraus. Man darf sich jedoch das »gemeinsame Bauen« nicht als ein regelrechtes Zusammenarbeiten vorstellen, bei dem womöglich die Rolle des einzelnen streng im Sinne von Arbeitsteilung festgelegt wäre. Es geht vielmehr so zu: Ist das Ziel angebracht, so blickt alles in der Umgebung suchend umher, und gleich danach trabt das eine Tier auf eine Stange, das andre auf eine Kiste zu, oder was sonst geeignet aussieht; von allen Seiten ziehen sie mit Material heran, die meisten das ihrige am Boden hinzerrend, Chica oft eine Kiste hoch auf den Armen tragend oder eine Bohle auf der Schulter wie ein Arbeitsmann. Mehrere Tiere wollen zugleich hinauf, jedes bemüht sich in diesem Sinne und verhält sich so, als ob es allein jetzt zu bauen hätte oder die vorhandenen Anfänge sein Bau wären, den es selbst fertigstellen möchte. Hat ferner ein Tier zu bauen angefangen,

und andre bauen dicht daneben auch, wie das nicht selten vorkommt, so wird im Bedarfsfalle eine Kiste der Nachbarn fortgenommen, unter Umständen auch ein Kampf um ihren Besitz ausgefochten. Daß Schlägereien die Arbeit vielfach unterbrechen, ist ja ohnedies verständlich, da, je höher der Bau, um so mehr jeder oben stehen will. Der Erfolg ist meistens, daß das Streitobjekt eben durch den Streit vernichtet wird, nämlich bei der Beißerei umfällt, und da es nun gilt, von vorne anzufangen, so geben Sultan, Chica und Rana nach einer Weile oft genug den Kampf und die Arbeit auf, während Grande, älter, stärker und geduldiger als die drei, allein übrig zu bleiben pflegt. Auf diese Weise hat sie, obwohl die ungeduldigeren Tiere Sultan und Chica ihr an Intelligenz deutlich überlegen sind, allmählich die größte Übung im Bauen erworben.

Daß ein Tier dem andern hilft, kommt recht selten vor, und wenn es der Fall ist, muß wohl beachtet werden, in welchem Sinne es geschieht. Da Sultan im Anfang den andern deutlich voraus war, und ich deshalb gerade jene bauen lassen wollte, so mußte das kluge Tier oft beiseitesitzen und zusehen. Auf einer der Abbildungen (Taf. III) ist leicht zu erkennen, wie sehr er (das Tier rechts unten) dabei aufmerkt. Läßt man nun ein klein wenig locker, wird das Verbot nicht fortwährend streng erneuert, so bewirkt es zwar noch, daß er nicht wagt selbst zu bauen, als dürfe er das Ziel erreichen, aber er kann es bei seinem aufmerksamen Zusehen bisweilen nicht lassen, schnell Hand anzulegen, wenn eine Kiste zu fallen droht, sie zu stützen, wenn das andre Tier gerade eine entscheidende und gefährliche Anstrengung macht, oder sonst mit einer kleinen Bewegung im Sinne des fremden Bauens einzugreifen (vgl. Abbildung Taf. III, die einem kinematographischen Film entnommen ist: Sultan hält die Kiste fest, wie sie beim Aufrecken Grandes wackelt). Einmal kam es bei einer solchen Gelegenheit (Verbot, selbst zu bauen) sogar vor, daß er — als Grande zwei Kisten aufeinandergestellt hatte, noch nicht ankam und sich nicht gleich zu helfen wußte, — seine stille Zuschauerrolle nicht mehr durchführen konnte, eine dritte Kiste aus etwa 12 m Entfernung schnell heranbrachte bis dicht neben den Bau, und darauf wie selbstverständlich wieder als Zuschauer niederhockte, obwohl er weder durch Worte, noch durch Bewegungen des Beobachters von neuem an das Verbot erinnert wurde[1].

[1] Über »Hineinlegen« und »Anthropomorphismus« habe ich mich bereits genügend geäußert. Hier liegt wiederum gar nichts Mehrdeutiges vor.

Nun darf man diesen Vorgang wie alles, was in gleicher Richtung liegt, nicht mißverstehen: Was Sultan zu dergleichen treibt, ist nicht der Wunsch, dem andern Tier zu helfen, zum mindesten nicht dieser als Hauptursache. Wie man ihn vorher dahocken sieht, jede Bewegung des andern beim Bauen mit den Augen und oft mit kleinen Bewegungsansätzen von Hand und Arm verfolgend, ist gar kein Zweifel, daß der Vorgang ihn sachlich aufs Höchste interessiert, und daß er ihn um so mehr gewissermaßen »innerlich mitmacht«, je kritischer der Verlauf gerade ist: Die »Hilfe«, die er dann für Augenblicke einmal wirklich leistet, ist nichts als eine Steigerung des schon fortwährend angedeuteten »Mitmachens«, so daß Interesse am andern Tier höchstens ganz sekundär dabei mitwirken könnte, vollends bei dem recht egoistischen Sultan. In dem zweiten Teil dieser Prüfungen wird gezeigt, wie weit diese Art des »Mitmachens« gehen kann und wie es beim Zusehen geradezu als ein Zwang über das Tier kommt. (Vgl. auf der letzten Abbildung das lebhafte »Gebaren« Konsuls in dem Moment der größten Spannung; auf dem laufenden Kinematogramm ist derartiges natürlich besser zu verstehen.) Wir alle kennen ja Ähnliches: Versteht ein Mensch eine Art Arbeit aus langer Übung sehr gut, so ist es schwer für ihn, ruhig zuzusehen, wie ein anderer ungeschickt dabei verfährt; »es kribbelt ihm in den Fingern«, einzugreifen und »die Sache zu machen«. Auch wir sind meistens weit davon entfernt, nur aus reiner Nächstenliebe dem andern die Arbeit erleichtern zu wollen (unsere Gefühle gegen ihn pflegen sogar momentan kühl zu sein), ebensowenig suchen wir einen äußeren Vorteil für uns in der Arbeit, diese selbst zieht uns mächtig an. Bisweilen scheint es mir, als wäre der Schimpanse uns in solchen kleinen Zügen, die ja nicht zu intellektualistisch behandelt werden dürfen, noch ähnlicher als auf dem Gebiet der Intelligenz im engeren Sinn. (Ein schönes Beispiel ist das Weitergeben erduldeter Strafe an ein auch sonst unbeliebtes Tier: so sehr häufig Sultan gegen Chica.)

Mitunter sieht das Verhalten der Tiere einem Zusammenarbeiten in dem gebräuchlichen Sinne des Wortes ähnlich, ohne daß man doch ganz überzeugt wird. Die Kleinen haben eines Tages (15. 2.) einem erhöhten Ziel gegenüber bereits viele Lösungsansätze vorgebracht, ohne es zu erreichen. In einiger Entfernung steht ein schwerer Käfig aus Holz, den sie bis dahin noch nie in solchen Versuchen verwendet haben. Jetzt wird endlich Grande auf ihn aufmerksam; sie rüttelt an ihm, um ihn auf das Ziel zuzukippen, bekommt ihn aber nicht vom Boden in die Höhe, da tritt jedoch Rana hinzu und packt so zweckmäßig wie möglich neben Grande an, und beide sind im Begriff, den Käfig richtig anzuheben und zu

kippen, als auch noch Sultan hinzuspringt und, an der Seite zugreifend, sehr eifrig »mithilft«. Keines der Tiere allein könnte die Kiste vom Fleck bringen; unter den Händen der drei, deren Bewegungen genau zusammenstimmen, nähert sie sich dem Ziel in schnellem Tempo; doch ist sie noch ein Stück entfernt, als Sultan plötzlich auf sie hinaufspringt und mit einem zweiten kräftigen Sprung durch die Luft das Ziel herabreißt. — Die andern erhielten keinen Arbeitslohn, aber sie hatten auch gar nicht für Sultan gearbeitet, und er anderseits hatte allen Grund, schon aus einiger Entfernung den Sprung zu machen. — Sicherlich versteht Rana bei den ersten Bewegungen Grandes an der sonst noch nicht verwandten Kiste sofort, um was es sich handelt, auch sie sieht nun die Kiste als Werkzeug und greift im eigenen Interesse zu, gleich darauf ebenso Sultan. Da alle dasselbe wollen und die Kiste in Bewegung dem neu Hinzukommenden seine Art des Zugreifens unmittelbar vorschreibt, so kommt die Kiste (Last) schnell vom Fleck.

Zu dem Verhalten Sultans, wenn er andere bauen sieht und selbst von der Konkurrenz ausgeschlossen ist, bilden die folgenden Vorkommnisse wahrscheinlich Seitenstücke.

Da dasselbe Tier den andern im allgemeinen voraus ist, darf es mitunter dabei sein, wenn jene ihm schon geläufige Versuche machen; es sieht dann sehr aufmerksam zu wie beim Bauen, darf aber nicht selbst mitwirken. Handelt es sich nun um eine Prüfung, bei der das andere Tier jenseits eines Gitters sitzt, diesseits (vom draußen hockenden Sultan aus gemeint) das Ziel am Boden liegt und für den Prüfling Schwierigkeiten bestehen, sich einen Stock zu verschaffen, so beobachtet er eine Weile ruhig, wie das andere Tier sich mit untauglichen Mitteln zu behelfen sucht. Dann verschwindet er, kehrt aber bald mit einem Stock in der Hand zurück, mit dem er abseits vom Ziel, jedoch dem Gitter nahe, Sand scharrt oder auch durch die Gitterstäbe hineinstochert. Will das andere Tier den Stab ergreifen, so zieht Sultan ihn wie neckend und spielend schnell zurück, und so ergibt sich ein Hin und her, bei dem doch, wenn kein besonderes Verbot dazwischen kommt, der Stock schließlich in den Händen des Prüflings bleibt.

In einem Versuch, wo der Prüfling den fehlenden Stock durch Losbrechen aus einem Kistendeckel herstellen konnte, stand die Kiste dem Gitter nahe. Sultan saß draußen und blieb lange Zeit ganz ruhig, während das andere Tier seine Aufgabe nicht löste; am Ende aber rutschte er dem Gitter immer näher, bis er ganz nahe heran war, warf einige vorsichtige Blicke nach dem Beobachter, faßte hinein und brach ein etwas lockeres Brett aus dem Kistendeckel; der weitere Verlauf war genau wie im vorigen Beispiel.

In beiden Fällen (wie beim Bauen) hat das Gebaren Sultans nichts von Nächstenliebe: vielmehr hat man durchaus den Eindruck, daß er den Vorgang, obwohl selbst nicht beteiligt, gut versteht, und da er den Versuch kennt, schließlich geradezu etwas in der Richtung der Lösung tun muß, als diese dauernd ausbleibt.

Daß er wirklich den Vorgang, die ungelöste Aufgabe, auf das andere Tier bezieht, zeigte sich einmal ganz klar, als ein Versuch gemacht wurde, Chica das Doppelrohrverfahren beizubringen. Ich stand dabei draußen vor dem Gitter; neben mir hockte Sultan und sah sehr ernsthaft zu, indem er seinen Kopf langsam kratzte. Als Chica gar nicht verstand, was ich von ihr wollte, gab ich die beiden Rohre schließlich Sultan, um ihn das Verfahren zeigen zu lassen. Er nahm die Rohre, steckte sie schnell ineinander und zog nicht etwa das Ziel zu sich heran, sondern schob es ein wenig träge auf das andere Tier am Gitter zu. (Wenn Sultan großen Hunger hat, wird er sich vermutlich nicht so verhalten.)

Entschieden häufiger als helfen in irgendeiner Form ist sein Gegenteil. Tercera und Konsul bauen nicht, sie sitzen vielmehr gewöhnlich auf einem erhöhten Platz in der Nähe und sehen anfangs ruhig zu, wie die andern tätig sind. Ist aber das Bauen erst recht im Gange, so zeigen sie ihr Verständnis für den Vorgang oft in überraschender Weise. Sie schleichen, besonders gern, wenn der Baumeister hoch oben in schwankender Stellung arbeitet, hinter seinem Rücken heran und werfen den ganzen Bau mitsamt dem Tier darauf durch einen kräftigen Stoß zu Boden, um dann in größter Eile zu flüchten. Besonders schön hat das stets Konsul gemacht, der ein Meister in grotesken Gebärden war[1]; mit einem Ausdruck komischer Wut, stampfend, mit drohenden Augen und schwingenden Armen, wie beim Angriff, pflegte er hinter dem ahnungslosen Erbauer seine Tat vorzubereiten. Dergleichen läßt sich schwer beschreiben; ich habe Zuschauer gesehen, denen die hellen Tränen vor Lachen über die Wangen liefen.

Die Gefühlspsychologie dieses Falles ist etwas schwierig zu übersehen, einfacher erscheint die des folgenden, der ebenfalls mehrfach beobachtet wurde. Ein Tier hat seinen Bau schon weit gefördert, als ein zweites, etwa die gefürchtete Grande, sich in der unverkennbaren Absicht nähert, den fremden Fleiß auszunützen; erscheint ein Kampf nicht ratsam, so macht sich das erste Tier doch nicht einfach davon, sondern setzt sich auf eine Kante der oberen Kiste und rutscht nun — ganz im Gegensatz zu den sonst beim Absteigen üblichen Bewegungen — derartig seitwärts ab, daß dabei der Bau notwendig umstürzen muß. Auch hierauf folgt eilige Flucht und bei dem Geprellten großer Zorn[2].

[1] Konsul ist im Oktober 1914 eingegangen.

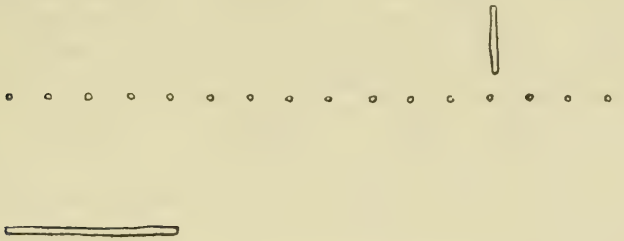
[2] A. Sokolowsky hat im Hagenbeckschen Tierpark eine Anzahl von Anthropoiden beobachtet (»Beobachtungen über Menschenaffen«, 1908). Einige in seinem Bericht erwähnte Intelligenzleistungen der Tiere finde ich von anderen Forschern angezweifelt. Nun ist es richtig, daß ein Psychologe seine Ausdrucksweise im Beschreiben hier und da etwas vorsichtiger wählen, auch zurückhaltender im Ergänzen von nicht Beobachtetem sein würde; aber die Tatsachen im groben kommen mir nach den Erfahrungen bis zu diesem Kapitel nur wahrscheinlich vor, und der Autor hat sehr gut erkannt, daß der Anthropoide unter geeigneten Umständen durchaus einsichtig verfährt. — Vergessen wir auch nicht, daß Sokolowsky wohl zuerst angeraten hat, die Anthropoiden sollten (bei den Mängeln aller Gelegenheitsbeobachtung) in besonderen Instituten nach den Gesichtspunkten experimenteller Psychologie untersucht werden.

6. Umwege über selbständige Zwischenziele.

In einigen der beschriebenen Fälle von primitiver Werkzeugherstellung ist der »Umweg« schon recht groß. So verbringt Sultan beträchtliche Zeit mit dem Abnagen von Holz an dem einen Ende des Brettes, das er in ein Rohr einfügen möchte, und doch ist Abnagen von Holz am Ende eines Stockes eine Tätigkeit, die für isolierende Betrachtung ganz ohne Sinn gegenüber dem Ziel bleibt. In Wirklichkeit gelingt auch diese Art der Zerstückelung dem Beobachter des Versuchsverlaufes gar nicht so leicht; er sieht vielmehr »Nagen, Nagen, Probieren an der Rohröffnung, Nagen, Probieren usw.« als eine in sich zusammenhängende Abfolge. — Was wird aus den Prüfungen, wenn man noch einen Schritt weiter geht? In dem Fall einfacher Werkzeugherrichtung und so in unserm Beispiel ist der äußere Zusammenhang des Bruchstückes »Herstellen« (Abnagen) mit dem weiteren Verfahren (Ineinanderstecken, Verwendung) noch einigermaßen eng dadurch, daß die Nebenaktion unmittelbar an dem Werkzeugmaterial angreift. Sucht man nun die Handlungsglieder, äußerlich genommen, noch weiter zu verselbständigen, so kommt man auf Versuche, in denen das Tier vor das ursprüngliche Ziel (oder Endziel) ein vorläufiges, andersartiges Zwischenziel einschalten muß. Dieses ist selbst auf indirektem Wege zu erreichen, soll anders das Endziel nachher zugänglich werden. Und anderseits: Betrachtet man den Verlauf bis zu dem Moment, wo das Zwischenziel erreicht ist, ganz für sich, ohne Rücksicht auf das Weitere, so hat dieser erste Umweg mit dem Endziel nun noch weniger zu tun und scheidet sich äußerlich als eine besondere Handlung ab. Die Erfahrung lehrt, daß wir den Eindruck einsichtigen Verhaltens besonders stark dann haben, wenn in einzelnen Teilen so weit vom Endziel abführende, aber im ganzen sachlich notwendige »Umwege« in geschlossener Form gemacht werden.

(26. 3.) Sultan sitzt am Gitter und kann mit einem kurzen Stäbchen, das ihm zur Verfügung steht, das draußenliegende Ziel nicht erreichen; ebenfalls draußen, etwa 2 m seitlich vom Ziel, aber näher als dieses, ist der Gitterebene parallel ein längerer Stock niedergelegt; auch er kann mit der Hand nicht ergriffen, wohl aber mit dem kurzen Stäbchen herangezogen werden (vgl. Skizze). Sultan bemüht sich mit dem kurzen Stock das Ziel zu erreichen; als das nicht gelingt, reißt er vergeblich an einem Stück Draht, das aus dem Gitternetz seines Raumes hervorsteht. Nach

einigem Herumschauen — in solchen Versuchen kommt es fast jedesmal zu längeren Pausen, in denen die Tiere ihre Augen die ganze Umgebung abwandern lassen — nimmt er plötzlich wieder sein Stäbchen, geht damit zu der Gitterstelle, der der lange Stock gegenüberliegt, kratzt diesen schnell mit dem Stäbchen heran, ergreift ihn, geht auch schon zur Stelle gegenüber dem Ziel zurück und zieht dieses heran. Von dem Augenblick an, wo die Augen des Tieres den 2 m seitlich liegenden Stock treffen, bildet der Verlauf eine einzige geschlossene Abfolge ohne Hiatus, und obwohl das Heranziehen des langen Stockes (Zwischenziel) mit dem kurzen eine Handlung ist, die in sich selbständig und abgeschlossen sein könnte,



zeigt doch die Beobachtung, daß jenes Verfahren mit einem Ruck aus dem Zustand der Ratlosigkeit (Suchen mit den Augen) entspringt, welcher unzweifelhaft auf das Endziel zu beziehen ist, und daß es nachher in die Schlußhandlung (Heranziehen des Endzieles) ohne Absetzen übergeht.

(12. 4.) Nueva wird in der gleichen Situation geprüft; der kleine Stock ist auf ihrer Seite des Gitters genau dem Ziel gegenüber niedergelegt, der große draußen etwas näher als das Ziel, ungefähr $1^1/_2$ m seitlich von diesem entfernt. Da Nueva schon schwer krank und recht appetitlos ist, gibt sie bald jede Bemühung auf, als sie das Ziel mit dem kurzen Stock nicht erreichen kann. Wie aber einige besonders schöne Früchte hinzukommen, nähert sie sich dem Gitter wieder und blickt um sich; ihre Augen haften bald auf dem größeren Stock, sie nimmt den kleineren, zieht den anderen damit in Reichweite, und mit ihm sofort auch das Ziel. — Der Verlauf könnte nicht klarer und einheitlicher sein.

Grande wurde erst viel später geprüft. (19. 3. 16.) Sie langt mit dem kurzen Stab vergeblich nach dem Ziel, kümmert sich dann für eine Weile nicht um den Versuch, kommt wieder, langt hinaus wie vorher, sitzt danach einen Augenblick ruhig am Gitter, immer noch gegenüber dem Ziel. Auch als ihr Blick auf den größeren Stock seitlich fällt, verharrt sie, ihn fixierend, weitere Momente regungslos, springt dann aber plötzlich auf, geht an die Gitterstelle ihm gegenüber, zieht den großen mit dem kleinen Stock und sofort auch mit jenem das Ziel heran.

Auch dieser Versuchsverlauf ist alles andre als selbstverständlich. Die Prüfung wird wenige Minuten später wiederholt; doch liegt der größere Stab jetzt an der Stelle dem Gitter gegenüber (nur näher), wo vorher das Ziel sich befand, und dieses an dem früheren Platz des langen Stockes (nur weiter). Grande bemüht sich doch wieder vergeblich mit dem kurzen Stäbchen und wird bald gleichgültig, als sie nicht ankommt; ans Gitter gerufen, hockt sie dem Ziel gegenüber nieder, sieht ruhig um sich, bis ihre Augen auf dem großen Stock Halt machen, und löst dann die Aufgabe wie vorher. — Es ist stets ein Zeichen von Schwierigkeit der Anforderung, wenn schnelle Wiederholung des Versuches nicht auch schnelle Wiederholung der eben gefundenen Lösung zur Folge hat.

Bei der Prüfung von Chica kam ein Versuchsfehler vor. Mit dem kleineren Stock um das Ziel bemüht, erblickt sie den größeren, läßt jenen fallen, greift nach diesem und erreicht ihn wirklich, mit ihm sofort das Ziel. — Beim zweiten Male liegt der lange Stock weiter fort; unter dem Einfluß des ersten Versuchs wird er sogleich mit dem kurzen Stabe herangezogen usw.

Viel besser zeigen die eigentlich schwachbegabten Tiere den Wert der Leistung. — Tschego (1. 4. 14) arbeitet angestrengt mit Decke, Strohhalmen, Strohbündeln sowie mit dem kurzen Stäbchen, das von vornherein dem Ziel gegenüberliegt, hat aber bei der großen Entfernung keinen Erfolg. Der lange Stock, der wenig seitwärts auf freiem Grund so auffällig wie möglich daliegt und mit dem kurzen Stab ohne Mühe zu erreichen wäre, wird nicht einen Augenblick in die Situation einbezogen, und die Lösung erfolgt nach stundenlangem Warten noch nicht, so daß der Versuch abgebrochen werden muß. — Durchaus negativ verlief auch eine Wiederholung im Frühjahr 1916.

Könnte man bei Tschego etwa noch sagen, sie habe den langen Stab nicht »bemerkt«, so sorgt wieder Rana dafür, daß auch dies Bedenken

fortfällt. (19. 3. 16.) Sie langt ungeschickt[1] mit dem kurzen Stock nach dem Ziel, geht dazwischen seitwärts an die Gitterstelle dem langen Stock gegenüber und greift nach diesem. Ihr ganzes Verhalten kann als Äquivalent der beiden Sätze gelten: Mit dem kurzen Stock erreiche ich das Ziel nicht — — Da liegt draußen ein langer Stab, bis zu dem meine Hand nicht hinauslangen kann. Nicht für einen Moment scheint der kurze Stab, der gewissermaßen an das Endziel gebunden ist, als Werkzeug für die Nebenaufgabe gesehen werden zu können. Schließlich wird eine Hilfe gegeben: Um es dem Tier leichter zu machen, den kurzen Stab vom Endziel zu lösen und auf den langen Stock zu beziehen, lege ich, während Rana gerade nicht hinsieht, jenen vom Endziel seitwärts fort und näher an den langen Stab heran; dies Verfahren wird fortgesetzt, bis der kleine Stock dem großen schließlich ganz nahe kommt. Trotzdem geht Rana, sobald sie den kurzen Stab wieder ergriffen hat, mit ihm zurück an die Gitterstelle dem Ziel gegenüber und bemüht sich weiter vergeblich, dieses mit dem untauglichen Werkzeug zu erreichen: der Umweg »Kurzer Stab–Langer Stab–Endziel« kann offenbar bei diesem Tier nicht zustande kommen. Wie manches Huhn immer wieder gegen das Hindernisgitter anrennt, jenseits dessen das Ziel liegt, obwohl eine kleine Umwegkurve es ohne weiteres zu diesem hinführen würde, — genau ebenso langt Rana immer wieder mit dem kurzen Stock nach dem Endziel hinaus, obwohl nach der Hilfe das »Umwegverhalten« durch ein Minimum von äußerer Arbeit geleistet wäre. Man hat geradezu den Eindruck, als würde der kurze Stab von einer unsichtbaren, aber intensiven Kraft in die primäre kritische Distanz »Ziel–Gitterstelle gegenüber« hineingezogen, und käme deshalb für die sekundäre kritische Distanz »Langer Stab–Gitter« gar nicht in Betracht.

Jenseits des Gitters liegt wieder das Ziel; im Raum des Tieres ist, weit vom Gitter entfernt, ein Stock am Dach befestigt, und eine Kiste steht abseits. Das Ziel kann mit dem Stock, dieser selbst nur mit Hilfe der Kiste erreicht werden. Sultan (4. 4. 14) beginnt seine Tätigkeit mit der schon bekannten Torheit und zieht die Kiste ans Gitter dem Ziel gegenüber. Nachdem er dann eine Weile mit ihr im Raume umhergefahren ist, läßt er sie stehen, fängt besonnener an, überall (offenbar nach einem

[1] Zwischen Intelligenz und Handfertigkeit scheint beim Schimpansen Korrelation zu bestehen.

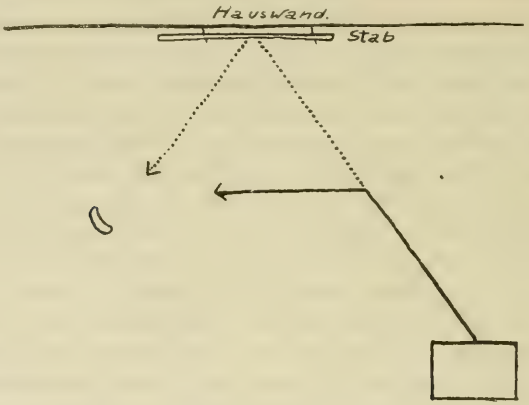
Werkzeug) zu suchen und sieht jetzt erst den Stock am Dach. Sofort ist er wieder an der Kiste, zieht sie unter den Stock, steigt auf, reißt ihn herunter, eilt mit ihm ans Gitter und holt das Ziel heran. Von dem Augenblick, wo seine Augen beim Suchen auf den Stab fallen, ist der weitere Verlauf vollständig klar und in sich geschlossen; die Zeit, die dabei verläuft, beträgt höchstens eine halbe Minute, mit Einrechnung des eigentlichen Stockgebrauches.

Chica (23. 4.) kommt auf diese Lösung zuerst nicht, obwohl der Stock in ihrer Gegenwart am Dach befestigt und später noch einmal in ihrem Beisein berührt und bewegt wird, so daß sie auf ihn aufmerksam werden muß. — (2. 5.) Der Stock wird wieder am Dach angebracht, während Chica zusieht. Merkwürdigerweise beachtet sie ihn gar nicht, versucht mit einem schwachen Pflanzenstengel anzukommen, bemüht sich dann, ein Deckelbrett von der Kiste loszubrechen, und nimmt endlich Stroh zum Hinauslangen nach dem Ziel. Danach erlischt ihr Interesse an der Aufgabe, sie spielt mit Tercera, die ihr Gesellschaft leistet — der Stock am Dach ist wie nicht vorhanden. Als aber nach einer Weile jemand in der Nähe laut ruft und Chica erschreckt auffährt, trifft ihr Blick zufällig gerade auf den Stock; ohne weiteres geht sie auf ihn zu, springt ein paarmal nach ihm und erreicht ihn leider, da in der Nähe eine kleine Bodenerhebung den Sprung erleichtert. Hier fällt (wie bei Sultan) auf, daß der Stock als Werkzeug gesehen und als solcher heruntergeholt wird, obwohl einige Zeit vergangen ist, seitdem das Tier sich zuletzt um das Ziel bemühte, — bei Chica beträgt diese Zeit (durch Spiele mit Tercera ausgefüllt) etwa 10 Minuten — und doch tritt die energische Bemühung um den Stock, als ihr Auge auf ihn trifft, ganz unvermittelt auf, nicht etwa nach erneuter Vergegenwärtigung der Aufgabe durch Anschauung, durch ein Hinblicken nach dem Ziel. Gleich danach wird der Stock an einer andern Stelle des Daches angebracht, wo er sicher nicht im Sprunge erreicht werden kann; die Kiste bleibt, wo sie war, mitten im Raum. — Geradezu unermüdlich springt Chica unter dem Stock, ohne ihn abreißen zu können. Die Kiste kommt währenddessen unzweifelhaft nicht in Zusammenhang mit dem Stab; denn Chica hockt sogar wiederholt auf ihr nieder, wenn ihr der Atem ausgeht, und macht doch nicht die mindeste Bewegung, als wolle sie sie unter den Stock ziehen. Weshalb das nicht geschieht, wird sofort klar, als Tercera, die natürlich die ganze Zeit hin-

durch gleichgültig auf der Kiste liegt, aus irgendeinem Grunde herunter-steigt: sofort greift Chica zu, schleppt die Kiste unter den Stock, steigt auf und reißt ihn herunter. Als sie ihn aber jetzt in Händen hält, ist sichtlich für einen Augenblick das Hauptziel entschwunden; denn sie steht einige Sekunden, wie sie von der Kiste heruntergestiegen ist, den Rücken nach dem Gitter (und dem Ziel) gekehrt und sieht ratlos auf den Stock. Doch kehrt die Orientierung wieder, ehe das Tier durch Wahrnehmung dabei unterstützt wird: plötzlich dreht sich Chica schnell um und eilt auch schon — ich möchte sagen, aus der Drehbewegung heraus, jedenfalls so, daß beide Bewegungen unselbständige Bestandteile einer und derselben Aktion sind — auf Gitter und Ziel zu. — Man darf nicht annehmen, Chica habe die Kiste schon als Werkzeug (gegenüber dem Zwischenziel Stock) gesehen, solange Tercera noch darauf lag; nach dem sonstigen Verhalten der Tiere zu urteilen, hätte sie in diesem Fall unter großem Bitten und Klagen, unter Ziehen an Händen und Füßen die Freundin zu entfernen gesucht, mindestens ein Versuch, die Kiste zu bewegen, wäre auf jeden Fall trotz der Belastung gemacht worden (vgl. auch oben S. 49, wo es sich um eine ähnliche Situation und sogar dieselben beiden Tiere handelt); erst die von Tercera freigegebene Kiste wird überhaupt als Werkzeug gesehen, nicht der Sitz, auf dem jene hockt. — Der Versuch zeigt weiter, daß hartnäckige Bemühung um das Zwischenziel, obwohl hervorgerufen durch den Wunsch nach dem Endziel, dieses einigermaßen verdrängen kann, so daß nun nach Verlauf der Nebenhandlung eine Stockung eintritt. Anderseits kann die Entwicklungsstufe des Schimpansen kaum besser gekennzeichnet werden, als es durch die Art geschieht, wie Chica sich wieder in die Gesamtaufgabe zurückfindet: Seit geraumer Zeit ist sie auf das Nebenziel konzentriert, wirft dazwischen nicht einmal einen Blick auf das Hauptziel und erlangt dann doch nach einigen Sekunden der Ratlosigkeit wie mit einem Ruck die Orientierung wieder, während sie dem Hauptziel den Rücken zukehrt und nichts Äußeres jenen Ruck veranlassen kann, außer etwa der Stock in ihrer Hand; aber dessen Bild allein ist dazu natürlich auch nicht imstande (vgl. hierzu das Verhalten Sultans in dem Versuch mit der unsichtbaren Kiste S. 43).

Weit merkwürdiger gestaltete sich das Verhältnis von Haupt- und Nebenziel bei der gleichen Prüfung, aber Koko als Versuchstier. (31. 7. 14.) Er ist mit Halsband und Seil wie früher auf einen Kreis von etwa 4 m

Radius eingeschränkt, außer Reichweite liegt das Ziel am Boden, über Reichhöhe ist an einer glatten Wand der Stock angebracht und die Kiste steht abseits (vgl. Skizze). Der Versuch beginnt unzweifelhaft als klare Lösung; denn Koko ergreift sofort die Kiste und zieht sie geradeswegs auf den Stock an der Wand zu, dessen Funktion ihm ja genau bekannt ist. Zum Unglück muß er aber auf diesem Wege an dem Ziel vorbei, und als er die Stelle passiert, wo dieses seitlich am Boden liegt, biegt er plötzlich in scharfem Winkel von seiner geraden und gar nicht miß-



zuverstehenden Bahn ab, auf das Ziel zu und benutzt die Kiste als eine Art Stock, indem er ihr ferneres Ende auf die Früchte fallen läßt und dann zieht; er hat sogar Erfolg mit dieser Methode. — Bei Wiederholung des Versuches geschieht genau dasselbe: Wieder wird die Kiste aus ihrer Anfangslage auf geradem Wege dem Stocke zu befördert, und dabei der Sinn der Tätigkeit noch durch fortwährendes Hinblicken nach diesem Zwischenziel deutlich genug angegeben; beim Passieren der Endzielregion aber scheint das Tier geradezu seitlich fort und nach dem Endziel hingedreht zu werden, während von diesem Moment an der Stock an der Wand durchaus keine Beachtung mehr findet.

Am folgenden Tage entwickelt sich das beschriebene Verhalten zu einer Torheit der von Sultan her bekannten Art. Die abermals im Anfang richtig auf den Stock zu geschleppte Kiste kann nicht am Endziel

vorbeigebracht werden, sondern Koko wird wie vorher auf dieses hin abgelenkt; anstatt sie aber als Stock zu verwenden, was noch durchaus sinnvoll ist, schiebt er sie jetzt möglichst auf das Ziel zu, steigt darauf und bemüht sich, oben hockend anzukommen, als handle es sich um ein hoch angebrachtes Ziel, während doch in der vorliegenden Situation die Kiste nur als Hindernis wirkt, das Tier noch mehr vom Ziel entfernt. Indessen wird die vollkommene Torheit, wirkliches Besteigen und Greifen nach dem Ziel, nur für Augenblicke vollzogen, und das Interesse wendet sich von neuem dem Stock an der Wand zu. Nachdem aber einmal die Kiste auf den Abweg gekommen ist, bleibt sie, anscheinend an das Endziel gebannt, stehen; wenigstens gibt sich Koko die größte Mühe, den Stab zu erreichen, ohne daß doch dabei die Kiste in Funktion käme. — Besonders gegenüber dem Versuchsanfang wirkt dies Verhalten so überraschend, daß geprüft werden muß, ob vielleicht die Kistenfunktion wie schon früher einmal plötzlich verlorengegangen ist. — Der Stock wird entfernt, an seine Stelle das Endziel gebracht: Koko reckt sich einen Augenblick nach diesem auf, holt dann schnell die Kiste heran, steigt hinauf, kommt nicht gut an, springt hinunter, korrigiert sehr schön und sicher die Stellung, steigt abermals hinauf und erreicht das Ziel. — Danach konnte die Kiste nur eben nicht von dem End- oder Hauptziel loskommen, ebensowenig wie vorher an ihm vorbei, obwohl sie da sogar schon auf dem Wege zum Nebenziel war. Denn ganz und gar muß die Deutung ausgeschlossen werden, als verstehe Koko die Kiste nur gegenüber Früchten, nicht auch andern Zielen gegenüber zu verwenden; schon der Anfang des Versuches, wo ja die Situation sofort im Sinne »Kiste unter den Stock setzen!« wirkt, zeigt klar, daß die Schwierigkeit so äußerlicher Art nicht ist: Es muß vielmehr auf die »Wertigkeit« von End- und Nebenziel im Verhältnis zueinander ankommen, derart, daß das »stärkere« Endziel die Nebenaktion nach dem »schwächeren« Nebenziel hin von diesem ab und auf sich selbst zu lenkt; während der richtige, aber sehr indirekte Weg über das Nebenziel zum Endziel zwar aufkommen kann (erster Versuchsanfang), aber in dem Augenblick wie durch Kurzschlußwirkung zerstört wird, wo (beim Passieren der Endzielregion) das Hauptziel gefährlich nahe ist[1].

[1] Schon in der Einleitung machte ich auf die theoretische Wichtigkeit von Fehlern aufmerksam. Den Ausgangspunkt für eine strenge Theoriebildung glaube ich in noch anderen Versuchen gefunden zu haben und berichte demnächst darüber.

— In dem oben beschriebenen Versuch mit Rana wird der kurze, unmittelbar verfügbare Stock so absolut an das Endziel gefesselt, daß er für das Nebenziel auch nicht einen Augenblick frei ist; dem entspricht hier, daß die Kiste gegenüber dem Ziel wie beschlagnahmt stehenbleibt, während Koko sich vergeblich nach dem Stock an der Wand aufreckt. (Auch Rana greift nach dem langen Stabe nur mit der freien Hand.)

(6. 8.) Wieder verläuft der Versuch im Anfang ähnlich; die Kiste wird dem Endziel möglichst genähert und als Stock benutzt, für Augenblicke auch sinnloserweise bestiegen, nachdem das Tier erst durch Mißerfolge in Wut geraten ist. Die Erregung wird allmählich immer größer. Koko geht dazu über, die Kiste nach Kräften zu prügeln und zu stoßen; dann läßt er sie wieder und wendet sich dem Stock an der Wand zu. Nachdem er sich mehrmals vergeblich hinaufgereckt hat — die Kiste hängt am Endziel oder der kritischen Distanz fest wie früher —, stellt er schließlich die Arbeit ganz ein. Da der Versuch als aussichtslos erscheint, wird er für einige Minuten unterbrochen und Koko währenddessen allein gelassen. Als der Beobachter wiederkehrt, steht die Kiste unter dem Nagel, der den Stock an der Wand festhielt, der Stock liegt am Boden, dort wo vorher das Ziel war, und dieses verschwindet gerade in Kokos Mund. — Sofort wird die ursprüngliche Situation wiederhergestellt, und Koko löst die Aufgabe, ohne einen Moment zu zaudern oder wie früher abzuirren. — Das ist der zweite Versuch, wo ich nach langem Warten gerade die Lösung nicht gesehen habe. Daß diese im vorliegenden Fall später oder früher gelingen würde, war nach dem Versuchsbeginn mit Sicherheit zu erwarten; und da Koko während der Zeit meiner Abwesenheit (etwa 3 Minuten) vollkommen isoliert war, muß er ohne äußere Hilfe auf die Lösung gekommen sein; überdies zeigt die Wiederholung, daß das Verfahren nunmehr durchaus klar beherrscht wird.

Tags zuvor war eine Art Umkehrung des Versuchs ohne weiteres geglückt: Das Ziel hängt an der Wand, ein Stock liegt in der Nähe, eine Kiste steht außer Reichweite. Da Kokos Arme recht schwach sind, gelingt es ihm nicht, mit dem Stab das Ziel herunterzuschlagen; deshalb geht er nach einer Weile mit dem Stock auf die Kiste los, greift sorgfältig mit der Spitze des Stabes in die (nach oben offene) Kiste hinein, wirft sie nach sich zu um, so daß er nun mit den Fingerspitzen ankommt, zieht sie heran, bringt sie unter das Ziel usw.

Bemüht man sich, den Umweg durch noch mehr Nebenaktionen weiter zu erschweren, so wird die Tendenz, aus dem Umweg heraus auf direktere

Wege oder wenigstens direktere Richtungen abzugleiten, naturgemäß noch stärker.

Die Anordnung bleibt dieselbe, nur wird die Kiste mit Steinen gefüllt. Sultan (11. 5.) sucht einen Augenblick im Raum umher, wird auf den Stock am Dach aufmerksam, sieht ihn starr an, geht zur Kiste und zieht sie mit aller Kraft auf den Stab zu. Da sie kaum von der Stelle kommt, bückt er sich, schaut zur Seite hinein, nimmt einen Stein heraus, trägt ihn unter den Stab, stellt den Block aufrecht an die Wand, besteigt ihn aber nach einem Blick hinauf doch nicht. (Hier ist der Stein, der nur aus dem Ziel dritter Klasse [der Kiste] heraussollte, von dem nächstübergeordneten angezogen worden; in diesem Fall bleibt die Abkürzung sinnvoll.) Gleich darauf schleppt er denselben Stein ans Gitter, dem Endziel gegenüber, und sucht ihn zwischen den Stäben hindurchzuschieben; offenbar soll der Stein in Stabfunktion verwendet werden; aber wenn schon sonst der Form und Länge nach tauglich, geht er doch nicht durch das Gitter hindurch. — Der weitere Verlauf ist dann klar und einfach: Sultan wendet sich wieder der Kiste zu, nimmt einen weiteren Stein heraus, zieht die noch immer (von zwei Blöcken) beschwerte mit Mühe unter den Stock, stellt sie steil, wobei die letzten Steine zufällig herausfallen, nimmt den Stock ab, kommt sofort mit ihm ans Gitter und erreicht das Ziel. — Dasselbe wäre von vornherein geschehen, wenn nicht die kürzeren, aber weniger guten Wege sich so leicht ausbildeten und dabei den guten, aber allzu indirekten Umweg wenigstens zeitweilig zerstörten.

Im ganzen entsteht der Eindruck, als wäre ein Fortschreiten in der Richtung dieser Versuche nicht angebracht: Konnte man in den angeführten Beispielen noch übersehen, was mit den Tieren vorging, so würde doch eine weitere Komplizierung dieser Art vermutlich zu einem Abirren nach dem andern führen und so am Ende veranlassen, daß das beobachtete Verhalten von einem bloßen Herumprobieren nur schwer zu unterscheiden wäre. Hat man erst viele Intelligenzprüfungen an den Schimpansen vorgenommen, so lernt man dies unklare Grenzgebiet mit einer wahren Scheu vermeiden.

7. »Zufall« und »Nachahmung«.

Die bisher beschriebenen Versuche zeigen im allgemeinen einen recht einfachen und der Form nach gleichartigen Verlauf. Da die des nächstfolgenden Kapitels etwas anderer Art sind, erscheint es angebracht, schon

vorher gewisse Betrachtungen anzustellen, welche Sinn und Tatsachenwert des Mitgeteilten gegen geläufige Einwände schützen. Dergleichen wäre nicht nötig, wenn es sich hier um Feststellungen einer hochentwickelten Erfahrungswissenschaft wie der Physik handelte, in der der Sinn von Beobachtungsgruppen nicht lange vollkommen strittig bleiben kann: Fest und klar steht ein System nicht mehr verlierbaren Wissens da, mit welchem so oder so das Neue sich zusammenschließen muß. Niemand kann verkennen, daß wir in der höheren Psychologie von einem so glücklichen Zustande weit entfernt sind. Anstatt einigermaßen reichen und sicheren Wissens sehen wir hier sehr allgemein gehaltene und ihrem Sinn nach zumeist recht ungefähre Theorien entwickelt, die mit Strenge bis ins einzelne auf einen vorliegenden Fall anzuwenden selbst dem Anhänger nicht leicht befriedigend gelingt. Um so energischer ist der Anspruch einer jeden von diesen Meinungen, sie enthalte das Deutungsprinzip für sehr ausgedehnte Erscheinungsgebiete, und der lockere Zusammenhang mit der konkreten Erfahrung, damit eben das Ungefähre der Behauptungen, erschweren es auf das äußerste, durch Feststellung von Tatsachen einen Streit zu entscheiden, der fast noch ein Glaubenskampf ist. Dabei kann es nicht fehlen, daß der Wert solcher tatsächlicher Feststellungen im Kurse sinkt: Sie sind alle zu singulär, zu individuell, als daß sich die Aufmerksamkeit von allgemeinsten Prinzipien ihnen sollte länger zuwenden können. Zugleich sorgt das Ungefähre dieser Prinzipien auf der einen, die Schwierigkeit einer wirklich zuverlässigen Beobachtung auf der andern Seite dafür, daß fast ein jeder jedes erklären kann. Ist also an sich das Interesse an den allgemeinen Behauptungen schon größer als an den Tatsachen, so müssen diese unter solchen Umständen schließlich wie wertlos erscheinen; sie lassen sich ja doch beliebig deuten.

In dieser Schrift soll keine Theorie einsichtigen Verhaltens entwickelt werden. Da aber zu entscheiden ist, ob beim Schimpansen einsichtiges Verhalten überhaupt vorkommt, so müssen zum mindesten Deutungen diskutiert werden, die nicht angenommen werden könnten, ohne daß zugleich die Beobachtungen jeden Wert für die aufgeworfene Frage verlören. Wenigstens einer ganz willkürlichen Behandlung des Mitgeteilten wird damit vorgebeugt, der unmittelbare Sinn der Versuche tritt sozusagen fester und widerstandsfähiger hervor, und vielleicht wird es einmal möglich, ihn von sich aus gelten zu lassen, anstatt ihn gleich in dem Lösungsmittel allgemeiner und ungefährer Prinzipien zum Verschwinden zu bringen.

Eine schon früher erwähnte Deutung besagt: Da das Tier die Lösung der Aufgabe in der allgemeinen Form eines »Umwegverhaltens« vorbringt, das es nicht als feste Reaktion für jeden einzelnen Fall in den ursprünglichen Anlagen der Art mitbekommen hat, so erwirbt es selbstverständlich die neue komplexe Verhaltensweise. Die einzige mögliche Entstehungsweise hierfür ist die aus Bruchstücken, Teilen des Verlaufes, die einzeln dem Tier ohnehin natürlich sind; solche »natürliche« Impulse geschehen viele, eine gewisse Auswahl unter ihnen, die im Spiel des Zufalls auch einmal vorkommt, stellt aneinandergereiht den wirklichen Verlauf dar, und da der praktische Erfolg oder der ihm entsprechende angenehme Gefühlszustand in noch nicht näher erklärter Weise die Wirkung hat, die vorausgehenden Aktionen in späteren Fällen ähnlicher Art reproduzierbar zu machen, so ist mit der Entstehung auch die Wiederholbarkeit solcher Leistungen erklärt.

Wie bei den meisten dieser allgemeinen Theorien ist hiermit für manche Fälle in der Tierpsychologie sicherlich etwas geleistet. Wo man angesichts der Erfahrung zweifeln könnte, pflegen zwei Hilfsprinzipien hinzugezogen zu werden: Nach dem ersten muß die allgemeine Durchführung einer sonst so bewährten Theorie der Anerkennung widerstrebender Tatsachen und der Ausbildung entsprechender neuer Gedanken vorgezogen werden, und zwar der wissenschaftlichen Sparsamkeit zuliebe. Nach dem zweiten wäre die Neuentstehung eines solchen Verhaltens als Ganzen, auf direktem Wege aus der Situation heraus, geradezu ein Wunder, welches, als den Grundlagen unseres naturwissenschaftlichen Erkennens widersprechend, a limine auszuschließen sei. — Eine nähere Erörterung dieser Hilfssätze muß hier unterbleiben. Der zweite behauptet die Unlösbarkeit einer wissenschaftlichen Aufgabe, deren Lösung noch niemand recht versucht hat: Weshalb so ängstlich? Der erste drückt das (gegenwärtig sehr verbreitete) Mißverständnis eines richtigen erkenntnistheoretischen Satzes aus, nach welchem ein dem Abschluß nahes (also halbideales) wissenschaftliches System sich auf die knappste Form, die strengste Einheitlichkeit zusammenzieht. Beide Sätze haben kein Kontrollrecht gegenüber der Erfahrung, und wo es zu einem Gegeneinander mit Beobachtungen kommt, da weichen jene aus, nicht diese.

Wie man sieht, enthält der angeführte erkenntnistheoretische Satz gar nichts davon, daß eine Wissenschaft im Alter von wenigen Jahrzehnten um jeden Preis mit dem Minimum von Gesichtspunkten auskommen soll, das sie in dieser frühesten Jugend schon gewonnen hat; auch nähert man sich wirklich jenem Idealzustand keineswegs am schnellsten, wenn

man gewaltsam den »kürzesten« Weg zum Einheitsziel erzwingen will, nämlich arme Anfänge zu endgültigen Prinzipien proklamiert, und den Tatsachen schuldig bleibt, was man in der Theorie spart.

Es handelt sich nunmehr darum, den Inhalt der angeführten Theorie in einer Form darzustellen, die ihr Verhältnis zu den mitgeteilten Intelligenzprüfungen so klar wie möglich hervortreten läßt. Die Bruchstücke der »Lösung«, die das Tier der Theorie nach auch »natürlicherweise« und durch Zufall produziert, seien a, b, c, d, e; außer diesen und zwischen ihnen (auch ohne sie) treten im allgemeinen beliebige andere F, Y, K, R, D usw. in buntem Durcheinander auf.

Erste Frage: Wird a zurückgelegt mit Rücksicht darauf, daß b, c, d, e hinterdreinkommen soll und so alle zusammen eine Verlaufskurve ergeben, die dem sachlichen Aufbau der Situation adäquat ist? Keineswegs, denn indem a auftritt, hat es mit den b, c, d, e, ebensowenig zu tun wie mit F, Y, K usw., die auf a ebensogut folgen können und es im allgemeinen auch in beliebiger Permutation tun werden; die Succession wird ja als so zufällig angesehen wie die der Gewinnzahlen im Roulette. Was von a gilt, ist sofort auf alle übrigen »natürlichen« Bruchstücke zu übertragen: sie alle sind — mit einer Ausdrucksweise, die sich über das Niveau einer bloßen Analogie erheben läßt und das ganze Problem in Zusammenhang mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik bringt — vollkommen inkohärent, stellen in etwas vergrößertem Maßstab einen Fall »molekularer Unordnung« dar. Wird daran das mindeste geändert, so ist der Sinn der Theorie verletzt.

Zweite Frage: Wenn das Tier später den Verlauf a, b, c, d, e als Leistung erworben hat, beginnt es dann mit a, läßt es auf a sofort b folgen usw., weil diese Teile in dieser Aufeinanderfolge als Ganzes der sachlichen Situationsstruktur entsprechen? Unzweifelhaft nicht: Es geht von a zu b über usw., nur weil aus seinem Vorleben nachwirkende Bedingungen es zwingen, auf das a das b folgen zu lassen, auf b dann c usw.

Danach ist die einzige Art, wie nach dieser Theorie die sachlichen Umstände der Situation, ihr Aufbau, bei Entstehung des neuen Verhaltens wirken, ein rein äußerliches Zusammentreffen der objektiven Umstände und des zufällig bewegten tierischen Körpers; die Situation wirkt, grob gesagt, wie ein Sieb, das nur manches von dem hindurchläßt, was daraufgeworfen wird. Sieht man von dieser für unsern Zusammenhang nicht

sehr interessanten Wirkung der objektiven Situationsteile ab, so ergibt sich: Nichts von dem Verhalten des Tieres erfolgt hier von vornherein aus sachlichen Bezügen der Situationsglieder zueinander, der Aufbau dieser Situation an sich hat keinerlei Kraft, ihm gemäßes Verhalten direkt zu veranlassen.

Eine durch die Situation unmittelbar veranlaßte Einschränkung der »natürlichen« Reaktionen hat man nach der Theorie anzuerkennen: einen Drang, sich in der ungefähren Zielrichtung zu halten[1]. Um dieses gewöhnlich als Instinktäußerung bezeichnete Grundmotiv spielen die wirklichen Einzelbewegungen herum, deren räumlicher Bereich dadurch enger wird, ohne daß im übrigen an der Zufälligkeit etwas geändert würde. Da die gerade Richtung zum Ziel (im wörtlichen Sinn) bei Prü ungen wie den hier angestellten noch nicht viel leistet, oft sogar der Situation inadäquat ist, so brauche ich auf diesen Punkt nicht näher einzugehen, solange es sich nicht um positive Theoriebildung handelt. An und für sich ist die Tatsache wichtig genug, schon deshalb, weil sie ein dem Zufallsprinzip vollkommen fremdes Zusatzmoment bedeutet, das sich unter dem harmlosen Namen »Instinktimpuls« verbirgt. (Vgl. über diese primäre Aktionsrichtung S. 70 ff.)

Ich habe bereits zu Beginn angegeben, wie im Fall des Umwegversuches ein Verlauf, der aus zufälligen Bruchstücken äußerlich zu einem Erfolg summiert ist, sich für die Beobachtung scharf unterscheidet von »echten Lösungen«. Für diese ist der gestreckte, in sich geschlossene Verlauf, wohl gar durch ein abruptes Einsetzen von dem Vorhergehenden scharf getrennt, in der Regel äußerst charakteristisch. Zugleich entspricht dieser Verlauf als Ganzes dem Aufbau der Situation, den sachlichen Beziehungen ihrer Glieder zueinander. So hat man z. B.: Ziel hinter so geformtem Hindernis auf freiem Grunde — Plötzliches Einsetzen der stockungsfreien und glatten Bewegung durch die entsprechende Lösungskurve. Der Eindruck ist zwingend, daß diese Kurve als Ganzes auftritt, und von vornherein als Produkt optischer Übersicht über den gesamten Situationsaufbau. (Die Schimpansen, deren Gebaren ja ungleich sprechender ist als das etwa von Hühnern, erweisen eigens durch ihr Blicken, daß sie wirklich zunächst eine Art Bestandaufnahme der Situation vornehmen; aus dieser Übersicht springt dann das »Lösungsverhalten« hervor.)

Wir wissen bei uns selber scharf zu scheiden zwischen einem Verhalten, das von vornherein der Rücksicht auf die Situationseigenschaften entspringt, und einem andern ohne dies Merkmal. Nur im ersteren Fall sprechen wir von Einsicht, und nur dasjenige Verhalten von Tieren er-

[1] Bei Geruchstieren: im maximalen Gefälle des »Geruchsfeldes«.

scheint uns auch als zwingend einsichtig, das in geschlossenem glatten Verlauf von vornherein dem Situationsaufbau, der gesamten Feldgestaltung gerecht wird. Danach ist dieses Merkmal: Entstehen der Gesamtlösung in Rücksicht auf die Feldstruktur als Kriterium der Einsicht anzusetzen. Der Gegensatz zu der oben angeführten Theorie ist absolut: Waren dort die »natürlichen Teile« unter sich und mit dem Situationsaufbau inkohärent, so wird hier durchaus Zusammenhang[1] der »Lösungskurve« in sich und mit der optisch gegebenen Situationsgesamtheit gefordert.

Wer geneigt ist, die vorstehenden Ausführungen als umständlich vorgetragene Trivialitäten anzusehen, den kann ich nur auffordern, die Literatur zur Psychologie von Mensch und Tier ein wenig zu durchblättern. Diese Trivialitäten verdienen eine gründliche Unterstreichung; denn erstens werden sie keineswegs immer klar erfaßt, sondern vielfach nur durch einen Schleier von allgemeinen Prinzipien gesehen[2], und zweitens gilt der letzte Teil, Einsicht betreffend, manchen Forschern nicht als selbstverständlich, sondern als eine Art Wunderglauben. Ein solcher soll hier durchaus nicht vorbereitet werden, und nichts von dem Gesagten erfordert ihn im mindesten.

Wie man es sich zu denken hat, daß die Feldstruktur im ganzen, die Beziehungen der Situationsglieder zueinander usw. für eine Lösung maßgebend werden, gehört in die Theorie; hier ist nur auszuschließen, daß das beobachtete Verhalten der Tiere nach jener Auffassung gedeutet werde, nach welcher die Lösung ohne Rücksicht auf den Situationsaufbau, aus zufälligen Teilen, also uneinsichtig zustande kommen müßte.

In den Versuchsbeschreibungen dürfte klar genug hervorgetreten sein, daß es für eine Deutung in dieser Richtung an dem notwendigsten, nämlich einer Zusammensetzung der Lösungen aus zufälligen Teilen fehlt. Der Schimpanse hat überhaupt nicht die Eigenheit, wenn er in die Versuchssituation eintritt, beliebige zufällige Bewegungen zu machen, aus denen sich unter anderm eine unechte Lösung addieren könnte; man sieht sehr

[1] Die Physiker haben kein Wort, das hier ganz paßte. »Kohärenz« (positiv) wird nicht gern außerhalb der Lehre von den Schwingungsvorgängen gebraucht.

[2] E. Wasmann (z. B. Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen. 2. Aufl. 1909. S. 108 ff., bes. S. 108, Anm. 2), hat den Kontrast scharf hervorgehoben. Doch leugnet er einsichtiges Verhalten bei Tieren absolut und deutet weiter eine logizistische Theorie des einsichtigen Verhaltens (Intelligenz) beim Menschen an, die ich ablehnen muß. — O. Selz (Die Gesetze des geordneten Denkverlaufs I, 1913) behandelt das reproduktive Denken des Menschen scharf von einem dem meinigen verwandten Standpunkt aus. Einen Vortrag dieses Forschers über »Die Gesetze der produktiven Tätigkeit« (Arch. f. d. ges. Psychol. 27) kann ich leider nicht einsehen.

selten, daß er im Versuch etwas vornimmt, was gegenüber der Situation an sich zufällig wäre, es müßte sonst das Interesse vom Ziel fort und auf andere Dinge hingelenkt sein. Solange die Bemühung um das Ziel andauert, pflegen vielmehr — wie beim Menschen in ähnlicher Lage — alle voneinander ohne weiteres abscheidbaren Verhaltensetappen in sich geschlossene Lösungsversuche zu sein, deren jedem die zufällig aneinandergereihten Teile fehlen, und vorzüglich gilt das von der zum Ziel führenden Lösung selbst: Oft zwar folgt diese auf eine Spanne der Ratlosigkeit oder der Ruhe (nicht selten des Überschauhaltens), aber in den als echt und beweisend angesehenen Fällen kommt sie nie in einem Durcheinander blinder Impulse, sondern als eine in sich geschlossene, stetige Handlung zustande, deren nur gedankenmäßig vom Beschauer zu isolierende Teile realiter sicher nicht unabhängig voneinander auftreten. Daß aber in einer so großen Anzahl von »echten« Fällen, wie beschrieben wurden, gleich diese der Situation adäquaten Verhaltenseinheiten aus bloßem Zufall auftreten sollten, ist eine ganz unstatthafte Annahme, die gerade auch die Theorie nicht machen darf, ohne aufzugeben, was sie selbst für ihr Meritum hält.

An mir selbst und an andern habe ich gesehen, daß besonders aufklärend über den Schimpansen die erwähnten Pausen der Ruhe wirken. Ein hiesiger Fachgenosse kam, wie die meisten von dem allgemeinen Wert jener Theorie für die Tierpsychologie überzeugt, um die Anthropoiden zu sehen. Ich wählte Sultan als Versuchstier für eine Demonstration. Er machte einen Lösungsversuch, einen zweiten und dritten; aber nichts machte auf den Besucher so großen Eindruck wie danach eine Pause, in der Sultan langsam seinen Kopf kratzte und übrigens nichts bewegte als die Augen und leise den Kopf, während er die Situation ringsum auf das genaueste betrachtete. —

Auf Fragen wie diese kann man am besten Antwort geben, wenn man das, was für die vorliegenden Fälle allgemein behauptet wird, eigens zur Beobachtung bringt und sich damit durch Anschauung zum Urteil befähigter macht. Für eine solche Prüfung taugliches Verhalten der Tiere ist im Rahmen der Versuche ja vorgekommen, als es sich um Kistenbauten handelte. Hier ergab sich in der en bloc genommen klaren Lösungsrichtung »Höhere Kiste darüber« ein im übrigen so gut wie vollkommen uneinsichtiges Hin und Her mit einer Zufallslösung als Endresultat; das geschah so oft und bei allen geprüften Tieren so übereinstimmend, daß ich behaupten kann, die von jener Theorie allgemein angesetzte Verlaufsart genau zu kennen. Um so nachdrücklicher ist zu betonen, daß zwischen diesem offenbar vom Zufall beherrschten Gebaren und

dem als echt beschriebenen Verhalten in klaren Lösungen der schärfste Gegensatz besteht. Noch dazu haben jene Versuchsbeschreibungen gezeigt, wie ungern sich der Schimpanse zunächst auf ein Verfahren einläßt, dessen allgemeiner Umriß ihm als echte Lösung kommt, dessen nähere Ausführung er aber so gut wie ganz probierend, also dem Zufall überlassen, versuchen muß; und so wären die Tiere auch auf derartiges Probieren gar nicht geraten, wenn nicht ein im Groben echter Lösungsversuch sie in eine Lage gebracht hätte, deren spezielleren Bedingungen sie dann nicht gewachsen waren. Insofern widerspricht die Tatsache, daß die Tiere hier einmal blinde Bewegungen machen, durchaus nicht der Behauptung, daß in der Regel und bei vernünftigen Versuchsbedingungen[1] so zufälliges Impulsdurcheinander überhaupt nicht beobachtet wird.

Wo in den Versuchen der Zufall die Lösung hervorgerufen oder begünstigt haben könnte, ist das angegeben. Bei komplexen Versuchsbedingungen (z. B. im folgenden Kapitel) kommen solche Fälle häufiger vor, doch muß von vornherein bemerkt werden, daß selbst dann noch der Verlauf nicht recht jener theoretischen Deutung entspricht. Erstens läßt sich nicht immer verhindern, daß das Tier in der Situation eine Lösung versucht, die zwar nicht zum Erfolg führt, aber doch einen Sinn ihr gegenüber hat; das Probieren besteht dann in Lösungsversuchen gegenüber der halbverstandenen Situation; aus ihnen kann sich leicht durch einen Zufall die wirkliche Lösung entwickeln, d. h. nicht aus zufälligen Impulsen, sondern aus Handlungen, die durch ihren sinnvollen Kern dem Zufall stark nachhelfen. Zweitens kann der glückliche Zufall bei einer Handlung eintreten, die mit dem Ziel gar nichts zu tun hat. Auch hier pflegt es sich nicht um einen sinnlosen Impuls zu handeln — solche produziert, wie gesagt, der Schimpanse höchstens in Zwangslagen —, sondern um irgendeine Art sinnvoller Betätigung, wenn schon nicht gegenüber dem Ziel. So geht es vermutlich her, als Sultan das Zweistockverfahren entdeckt; sein Spielen dabei wird nur ein Philister »sinnlose Impulse« nennen, weil es keinen praktischen Zweck verfolgt. — In beiden Fällen ist gar nicht das Wichtigste, daß überhaupt ein Zufall mitgewirkt hat, sondern was weiter aus dem Versuche wird; denn wir wissen ja vom Menschen her, daß auch

[1] Der Fragestellung gemäß werden die Anordnungen möglichst so getroffen, daß nicht leicht Zufallslösungen auftreten können.

ein Zufallserfolg sehr wohl hinterdrein zu einsichtiger Weiterarbeit (eventuell Wiederholung) führen kann, z. B. bei wissenschaftlichen Entdeckungen (vgl. Oerstedt: Strom und Magnetnadel). So ist das Verhalten Sultans, nachdem er einmal die gewohnte Spielerei »Stab in Loch stecken« mit den beiden Rohren ausgeführt hat, von diesem Augenblick an genau dasselbe, als hätte er das neue Verfahren in vollkommen echter Lösung gegenüber dem Ziel gefunden; er braucht weiterhin die Doppelrohrtechnik unzweifelhaft einsichtig, und jener Zufall scheint nur wie eine allerdings sehr starke Hilfe gewirkt zu haben, die sofort zum »Verstehen« führte.

Wer nicht genau zusieht, könnte schließlich noch die mehrmals erwähnten groben Torheiten der Tiere als Beweisstücke dafür anführen, daß der Schimpanse doch sinnlose Akte vollbringt, aus deren zufälliger Aneinanderreihung wohl einmal unechte Lösungen hervorgehen dürften.

Der Schimpanse begeht drei Arten von Fehlern: 1. Gute Fehler, von denen unten noch die Rede ist; hierbei macht das Tier nicht eigentlich einen törichten, sondern fast einen günstigen Eindruck, wenn der Beobachter nur erst von der Einstellung auf Menschenähnlichkeit schlechthin abgekommen ist und sich allein auf die Eigennatur des beobachteten Verhaltens selbst richtet. — 2. Fehler aus vollkommenem Nichtverstehen gegenüber den Bedingungen der Aufgabe; so etwas sieht man, wenn die Tiere beim Aufstellen einer höheren Kiste diese aus einer statisch guten in eine statisch schlechtere Lage bringen; der Eindruck, der in solchen Fällen entsteht, ist der einer gewissen unschuldigen Beschränktheit. — 3. Grobe Gewöhnungstorheiten unter Umständen, die das Tier eigentlich übersehen könnte (z. B. Kiste ans Gitter schleppen — Sultan); der Eindruck, den dieses Verhalten hervorruft, ist geradezu widerwärtig, man möchte fast sagen, beleidigend.

Um die dritte Klasse handelt es sich hier, und man erkennt leicht, daß diese Fehler zur Bestätigung der vorgeschlagenen Theorie durchaus nicht geeignet sind. Niemals kommt ein Verhalten dieser Art vor, wenn nicht zuvor und oft auf dem betreffenden Wege eine wirkliche, echte Lösung erfolgt ist. Diese Dummheiten sind nicht zufällige »natürliche« Bruchstücke, aus denen sich primär Scheinlösungen ergeben könnten — ich wüßte keinen Fall, wo diese Auffassung auch nur möglich wäre —, sondern Nachwirkungen früherer echter Lösungen, die häufig wiederholt wurden und damit eine Tendenz erwarben, in späteren Versuchen se-

kundär ohne viel Rücksicht auf die spezielle Situation aufzutreten. Vorbedingung für solche Fehler scheinen Zustände wie Schläfrigkeit, Ermüdung, Verschnupftheit, aber auch Aufregung zu sein. Als Beispiel: Einem Schimpansen, der der ersten Prüfung überhaupt unterworfen wird, und zwar das jenseits eines Gitters liegende Ziel nicht ohne Werkzeug erreichen kann, wird niemals der »Zufallsimpuls« kommen, eine Kiste ans Gitter zu schleppen und wohl gar daraufzusteigen. Dagegen läßt sich zeigen, daß in der Tat durch fortwährende Wiederholung eines ursprünglich echt gelösten Versuches und die entsprechende Mechanisierung des Verfahrens solche Torheiten begünstigt werden. Nicht selten führte ich interessierten Besuchern ein Experiment vor und wählte der Einfachheit halber zumeist das Öffnen einer Tür, vor deren Angeln draußen das Ziel hängt. Nachdem die Tiere vielleicht zwanzigmal (seit dem ursprünglichen Versuch) die Lösung an einer und derselben Stelle durchgeführt hatten, zeigte sich eine gewisse Tendenz, hoch angebrachte Ziele in der betreffenden Gegend auch dann mit Hilfe der Tür herabzuholen, wenn eigentlich andere Methoden näher lagen und die Verwendung der Tür erschwert oder praktisch unmöglich gemacht war. Falls aber andere Lösungsversuche auftraten, so standen sie nun gewissermaßen unter dem Einfluß oder der Anziehungskraft der Tür, und Chica z. B. machte aus dem Springstockverfahren, das sie in seiner reinen Form vollkommen beherrscht, ganz unnötigerweise eine Kombination von Tür- und Springstockverfahren, die durchaus nicht als Verbesserung wirkte. Ehe die Tür zum erstenmal für einsichtige Verwendung in Betracht gekommen war, hatten sich die Schimpansen in keinem Versuch um sie gekümmert, auch wenn er sich ihr gegenüber abspielte. — Ursprünglich sehr hochwertige Prozesse haben hiernach die unangenehme Eigenschaft, durch häufige Wiederholung auf ein niedrigeres Niveau herabzusinken. Diese sekundäre »Selbstdressur« wird gewöhnlich als ein Vorgang von eminenter ökonomischer Bedeutung angesehen, und sie kann es wohl auch bei Mensch und Anthropoide sein. Aber man sollte nie vergessen, welche erschreckende Ähnlichkeit mit den hier beschriebenen groben Gewöhnungstorheiten der Schimpansen gewisse leere und blinde Wiederholungen von moralischen, politischen und sonstigen Sätzen zeigen. Auch die waren alle einmal mehr, nämlich die »Lösung« in einer stark gefühlten oder gedachten Situation; später aber kommt es auf die Situation nicht so genau mehr an, auf den inneren Sinn auch nicht.

Damit dürfte genügend klargestellt sein, daß diese sinnlose Reproduktion ursprünglich echter und guter Lösungen durchaus nichts mit der theoriegemäßen zufälligen und wirren Produktion »natürlicher« Impulse zu tun hat.

Im übrigen halte ich es für das Beste, die vollständige Liste der Torheiten einfach vorzulegen:

1. Sultan baut zwei Kisten übereinander, wo vorher das Ziel war, nicht wo es eben hängt; das Tier ist vollkommen erschöpft (8. 2. 14).

2. Sultan schleppt eine Kiste an die Gitterstelle, der das Ziel draußen gegenüberliegt und dreht sinnlos bald die, bald jene Fläche nach dem Gitter (oder nach oben?); holt mehr Kisten und setzt wie zum Bauen an. Seit etwa vier Wochen hat das Tier fortwährend Versuche mit Kisten gemacht; die Hälfte der Schuld fällt auf den Versuchsleiter (19. 2. 14).

3. Sultan im gleichen Versuch zieht den Beobachter heran und steigt auf seinen Rücken, als wäre das Ziel hoch angebracht; er springt sofort wieder herab und läßt die oben S. 111 beschriebene Lösung folgen (19. 2. 14).

4. Sultan schleppt eine Kiste ans Gitter, der draußen das Ziel gegenüberliegt (20. 4. 14).

5. Grande begeht die gleiche Torheit (14. 5. 14).

6. Grande (fernes Ziel jenseits des Gitters) schleppt in ihrem Raum sinnlos Steine hin und her, in Nachwirkung wiederholter Versuche, in der ihr Steine als Schemel dienten, und zwar in demselben Raum (19. 6. 14).

7. Koko schiebt die Kiste in Richtung entfernter Früchte und braucht sie dabei vorübergehend nicht als Stock (wie Tags zuvor), sondern als Schemel; das Tier ist sehr aufgeregt (1. 8. 14).

8. Koko macht die gleiche Torheit in großem Ärger (6. 8. 14).

Angedeutet wird etwas Ähnliches in einem Fall, wo Sultan, als das Ziel hoch hängt, auf die nächste, jedoch gut 3 m entfernte Tür zugeht, den Türflügel anfaßt, ihn aber unter einem Blick nach dem Ziel wieder losläßt und sich andern Methoden zuwendet. Hier ist er nahe daran, sinnlos zu reproduzieren, wird aber durch Einsicht in den Situationsaufbau daran gehindert (13. 3. 16).

Wenn Rana immerfort mit winzigen Stäbchen zum Springen ansetzt, so ist dieser Fall kaum hierherzurechnen; mit Rana geht sozusagen ihr Gehirn durch, und natürlich wäre es schön, wenn sie so springen könnte. Dies Tier wird dergleichen andeuten, auch wenn es genau sieht, daß die Ausführung nicht möglich ist.

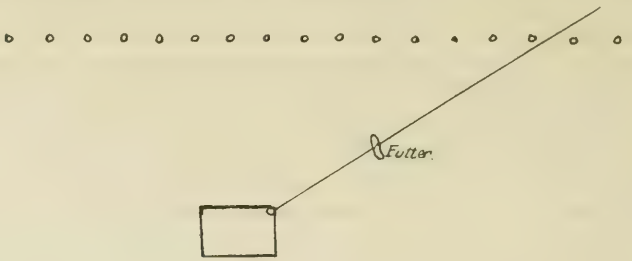
Das ist alles; die Fälle sind fast sämtlich schon in den Versuchsberichten erwähnt. Daß sie den Schwerpunkt des Beobachteten bestimmten, wird niemand behaupten.

Die primäre Ursache der Erscheinungen (Mechanisierung) braucht nach dem Obigen nicht stets zu äußerlich auffälligen Wirkungen von der Form grober Torheiten zu führen. Jede Lösung, die öfters unter den gleichen Umständen, also ihnen adäquat wiederholt worden ist, geht schließlich in einen etwas veränderlichen Zustand über und wird vielleicht sogar in diesem ihrem ursprünglichen Milieu nicht mehr ganz so einsichtig, wenn schon auch weiterhin objektiv adäquat vorgebracht. Ich muß sagen, daß mir im allgemeinen die Art, wie sich die Schimpansen bei der zehnten und elften Wiederholung einer Lösung verhalten, weniger gefällt als ihr Gebaren beim ersten und zweiten Mal. — Durch viele schnell hintereinander folgende Versuche an und für sich schon, besonders aber durch

häufige Wiederholung derselben, verdirbt man etwas am Schimpansen. Ich habe vielleicht in der Eile des Forschenwollens diese Möglichkeit nicht immer genügend bedacht.

Die Wirkung, von der die Rede ist, stellt übrigens eine Art Umkehrung von dem dar, was die besprochene Theorie als Erfolg von Wiederholungen ansieht. Nach ihr wird der Verlauf, der sich durch Zufall ausbildet, durch Übung glatter und echter Lösungen ähnlicher. Das mag da gelten, wo die Theorie zutrifft: die echten Lösungen der Schimpansen werden durch häufige Wiederholung jedenfalls nicht innerlich wertvoller, wenn schon sie natürlich auch schneller auftreten u. dgl.

Für denjenigen, der die Versuche selbst angesehen hat, haben Erörterungen wie die bisherigen einen ganz leichten Anflug von Komik. Hat man z. B. selbst beobachtet, wie Tschego bei dem ersten Experiment ihres Lebens (vgl. S. 50) stundenlang nicht darauf kommt, die hindernde Kiste aus dem Wege zu schieben, und immer nur vergeblich hinausgreift oder ruhig dahockt, schließlich aber, in Gefahr, um ihr Futter zu kommen, das Hindernis plötzlich packt, es zur Seite schiebt und so in einem Augenblick die Aufgabe löst, dann erscheint eine »Sicherung dieses Tatbestandes gegen Mißdeutungen« fast pedantisch. Aber der lebendige Eindruck läßt sich eben nicht wiedergeben, und manche Frage kann gegenüber den Worten eines Berichtes erhoben werden, auf die nach eigener Anschauung gewiß niemand kommen würde. Immerhin wird vielleicht gerade nach den vorstehenden Erörterungen die Beschreibung eines weiteren Versuches als Probebeispiel besonders instruktiv sein, der sich zugleich durch Einfachheit und durch sein klares Verhältnis zu verschiedenen Theorien auszeichnet.

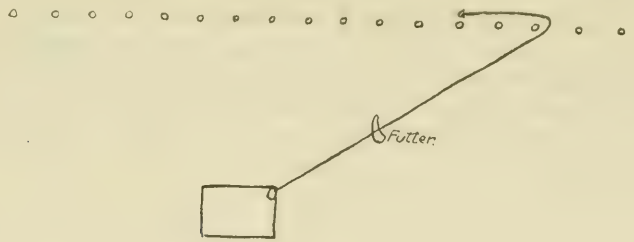


Jenseits des oftерwähnten Gitters aus vertikalen Stangen ist in einiger Entfernung eine schwere Kiste aufgestellt; an ihr wird das eine Ende einer starken Schnur befestigt, die Schnur selbst wird schräg zum Gitter so niedergelegt, daß das freie Ende zwischen den Gitterstäben hineinreicht. Etwa

halbwegs von der Kiste bis zum Gitter ist eine Frucht in die Schnur hineingeknotet (vgl. Skizze); sie ist vom Gitter aus nicht ohne weiteres erreichbar, wohl aber, wenn die Schnur senkrecht zum Gitter gerichtet wird. (19. 6. 14.) Chica zieht zunächst in Richtung der Fadenlänge, und zwar so stark, daß das gezerrte Brett der Kiste bricht, die Schnur frei wird und das Ziel herangezogen werden kann. — Die Kiste wird durch einen schweren Stein ersetzt, um diesen also die Schnur herumgebunden. — Da die einfache Lösung nicht mehr möglich ist (Ziehen), nimmt Chica den Faden in die eine Hand, gibt ihn draußen herum der andern, die durch das folgende Gitterintervall hinausfaßt usw., in fortwährendem Weitergreifen und Weiternehmen, bis sie die Schnur etwa rechtwinklig zum Gitter gerichtet hat und das Ziel in der geringen Entfernung ohne weiteres greifen kann.

Grande scheint zuerst den Faden nicht zu sehen, der grau auf grauem Grunde liegt, schleppt (vgl. S. 155) sinnlos Steine hin und her in Nachwirkung früherer Versuche, bemüht sich, einen Eisenstab von der Wand loszumachen, den sie vermutlich als Stock verwenden möchte, und sieht endlich den Faden; von diesem Augenblick an ist der Verlauf genau derselbe wie bei Chica, eine stockungsfreie Lösung.

Rana zieht zunächst zweimal in Richtung der Fadenlänge, und wechselt dann plötzlich die Richtung vollständig, indem sie versucht, den Strick an die Stelle zu ziehen, die dem Befestigungspunkt gerade gegenüberliegt (vgl. die Skizze); dabei steht sie selbst diesem Punkt gegenüber, sieht fortwährend



auf das Ziel hin und zerrt zugleich parallel der Gitterebene am Fadenende. Auch diese vergebliche Bemühung erfolgt zweimal in voneinander getrennten Verhaltensetappen und wird dann, wieder plötzlich, durch die vollkommene Lösung ersetzt genau wie bei Chica und Grande. — Dieser Versuch zeigt.

daß die Aufgabe aus zwei Teilen besteht: einem grob-geometrisch-dynamischen: »Seil senkrecht zum Gitter richten, so daß das Ziel sich dabei nähert« und dem feineren Spezialproblem, das durch die Gitterstruktur aufgegeben wird. Die beiden Teile sind von Chica und Grande zugleich gelöst, Rana kommt bald auf die Lösung des ersten, hinterdrein erst auf die des zweiten.

Sultan zieht einen Augenblick wie Rana (vgl. Skizze) und löst gleich danach die Aufgabe wie die andern vollständig. Es wird hieraus ganz klar, daß die Lösung der grob-dynamischen Aufgabe auftreten kann ohne Rücksicht auf die spezielle Durchführungsform (das zweite Problem), auf welches erst der Mißerfolg aufmerksam zu machen scheint. Ähnliche Verhältnisse haben wir bei den Kistenbauten angetroffen.

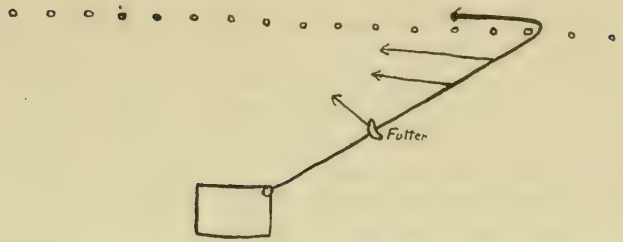
Tercera ist nicht zur Anteilnahme zu bewegen; Tschego und Konsul beweisen, falls es nicht ohne weiteres klar sein sollte, daß die Lösung nicht selbstverständlich ist; denn beide bringen es durchaus nicht über das einfache Ziehen in der Strickrichtung hinaus.

(21. 6.) Der Versuch wird mit Chica wiederholt, so aber, daß der Faden diesmal nach der andern Seite gedreht am Boden liegt. Das Tier zieht gar nicht erst in der Eigenrichtung des Fadens, sondern sofort setzt das Weitergeben und -greifen des Fadens am Gitter entlang ein, diesmal, der Anordnung entsprechend, in der entgegengesetzten Richtung, bis das Ziel mit der Hand zu erreichen ist. — Danach habe ich es nicht für nötig gehalten, diese Umkehrung auch mit den andern Tieren vorzunehmen.

Nach früheren Darlegungen dürfte kaum mehr ein Hinweis darauf erforderlich sein, daß Versuche wie der eben beschriebene besser über den Schimpansen Auskunft geben als die üblichen Tierprüfungen mit komplizierten Türverschlüssen u. dgl.; ebenfalls dürfte einleuchten, daß ein so einfaches und übersichtliches Experiment das ganze Problem, um das es sich handelt, schon in sich einschließt.

Wer noch der Meinung sein sollte, solche einfache Lösungen seien selbstverständlich, hätten mit der Intelligenzfrage nichts zu tun, den kann ich nur auffordern, die Art und Weise wirklich streng und exakt anzugeben, in der diese Versuchsverläufe zustande kommen. Ich fürchte, kein einziger Psychologe ist zur Zeit dieser Leistung fähig.

Ich trenne zwischen den beiden Aufgabenteilen, welche, wie wir sahen, selbständig sind, und betrachte hier nur die grob-dynamische Aufgabe und Lösung, die einfach durch das Schema



gekennzeichnet werden kann, indem ich außer Acht lasse, wie im ersten Moment dieser Lösung das Tier die Pfeilbewegung wirklich im einzelnen realisiert (sofort unter Berücksichtigung des Gitters oder nicht).

Kommen die Tiere der besprochenen Theorie gemäß zur Lösung? Danach müßten wir erwarten, in allen Fällen eine große Impulsmenge auftreten zu sehen, die bei einigen der Schimpansen vielleicht zufällig die richtigen »Bruchstücke« in richtiger Reihenfolge enthielte. In Wirklichkeit ist Grande das einzige Tier, das überhaupt etwas Sinnloses vornimmt, und zwar in Form einer Gewöhnungstorheit, als sie die in der Aufgabe liegenden Möglichkeiten noch gar nicht recht überschaut hat; beim Erblicken des Seiles setzt dann eine ganz neue Verhaltensetappe und gleich auch vollkommen klar die Lösung ein. Die realiter dem Ziel gegenüber (mit Ausnahme von Grande auch ohne diesen einschränkenden Zusatz) stattfindenden Handlungen — »Impulse« sieht man bei Eidechsen wohl, selten bei Schimpansen — sind im ganzen nur zwei:

1. Ziehen in der Seilrichtung, also ein sinnvoller Vorgang, dessen praktische Durchführbarkeit in einem Falle Chica beweist; man (und besonders der Schimpanse) kann nicht ohne weiteres sehen, wie fest der Strick an Kiste oder Stein hält.

2. Ziehen am Seil oder stetiges »fließendes« Weitergeben des Seiles von einer Hand in die andere — in beiden Fällen in der Lösungsrichtung (Pfeile der Skizze).

Nicht bei einem einzigen Tiere wurde auch nur etwas wie ein Übergang zwischen beiden Aktionsrichtungen, geschweige eine ganz fremde dritte usw. Richtung beobachtet. Wo zuerst die primitivere Richtung (im Sinne der Fadenlänge) auftrat, geschah doch der Sprung zur andern ganz abrupt.

Ich denke, ein jeder müßte fühlen, daß hier ein recht deutlicher, wenn schon merkwürdiger Befund vorliegt, und daß dieser mit den Anforderungen jener Theorie von sich aus überhaupt nichts zu tun hat. Sollen wir ihn um des sogenannten Prinzips der Sparsamkeit willen noch drücken und drängen, ob er sich nicht doch der Theorie fügen will? — Der Beobachter hat hier den zwingenden Eindruck, daß für die Tiere unmittelbar aus der optischen Übersicht über den Situationsaufbau die Lösungsversuche 1 und 2 als ganze (aber jeder durchaus für sich) herausspringen. Eine gewisse wissenschaftliche Einstellung, die man schließlich auch als Prinzip, nämlich als »Prinzip der maximalen wissenschaftlichen Fruchtbarkeit« formulieren könnte, würde dazu führen, die theoretischen Erwägungen gerade an diesen Charakter der Beobachtungen anzuknüpfen und nicht um jeden Preis mit der Zufallstheorie diesen Charakter eliminieren zu wollen.

Danach läge ein Anlaß, noch länger diese Theorie zu erörtern, nicht mehr vor, wenn uns das Vorleben der geprüften Schimpansen von ihrer Geburt bis zum Augenblicke des Versuchs genau bis ins einzelne bekannt wäre. Das aber ist leider durchaus nicht der Fall; und wenn deshalb auch ausgeschlossen ist, daß im Versuch die Lösungen durch Zufall zustande kommen, so bleibt vielleicht doch die Möglichkeit, daß sie sich früher im Sinne der Theorie zufällig ausbildeten, sich wiederholten und glätteten und als scheinbar echte Lösungen jetzt produziert werden.

Es ist immer schwierig, gegen Argumente zu kämpfen, die sich nicht im Gebiete des praktisch Feststellbaren halten: In diesem Falle aber kann aus der Überschreitung der Erfahrungsgrenzen nicht einmal eine Schwäche des Arguments abgeleitet werden, denn natürlich haben die geprüften Schimpansen unkontrolliert schon mehrere Jahre als lebhafte Tiere im Busche der Westküste zugebracht und sind auch dort mit manchen Dingen zusammengekommen, wie sie ähnlich in einer Anzahl der Versuche verwandt wurden. Eine Überlegung darüber, ob dieser Umstand die Tragweite und den Tatsachenwert der Versuche beeinflußt, ist also auf jeden Fall erforderlich.

Dabei sind jedoch zwei Punkte streng zu beachten, damit nicht der Gegenstand der Diskussion verschwimmt:

1. Wenn die Tiere mit einzelnen Gegenständen oder Situationen schon vor den Versuchen zu tun gehabt haben, so hat das unmittelbar noch keinen Bezug auf unsere Frage. Nur dann, wenn in dieser Vorzeit genau nach

der Theorie, in Zufall und Selektion durch Erfolg, in sich sinnlose, aber praktische Bewegungsketten von der äußeren Form des hier beobachteten Verhaltens sich ausgebildet haben sollten, nur dann besagt die »frühere Erfahrung« etwas gegen die Bedeutung der Versuche. So bin ich weit davon entfernt, behaupten zu wollen, daß die im zweiten Kapitel geprüften Tiere vor dem Versuche nie einen Stock o. dgl. in der Hand gehabt haben, halte es im Gegenteil für selbstverständlich, daß das bei jedem Schimpansen von einem gewissen, sehr geringen Alter an schon der Fall gewesen ist; er wird im Spiel einen Ast ergriffen, auf dem Boden gekratzt haben u. dgl. Ganz dasselbe sieht man ja bei kleinen Kindern von noch nicht einem Jahre häufig genug; auch diese haben also »Erfahrungen« mit Stöcken gemacht, ehe sie diese als Werkzeug zum Heranziehen sonst nicht erreichbarer Dinge benutzten. Wie aber hieraus gar nicht folgt, daß sie sich die Werkzeugverwendung im reinen Spiele des Zufalls und vollkommen uneinsichtig andressieren und mit 2, 4, 20 Jahren uneinsichtig reproduzieren werden, ebensowenig folgt das für die Schimpansen daraus, daß der Versuchsstab nicht der erste ist, den sie in die Hand nehmen.

2. Es handelt sich in dieser Schrift durchaus nicht darum, nachzuweisen, daß der Schimpanse ein Wunder von Klugheit ist[1], im Gegenteil ist ja schon mehrfach die enge Begrenzung seiner Leistungen (verglichen mit denen des Menschen) sehr merklich geworden. Nur ob überhaupt einsichtiges Verhalten bei ihm vorkommt, ist zu entscheiden, und die Beantwortung dieser prinzipiellen Frage ist vorläufig viel wichtiger als eine genaue Bestimmung vorhandener Intelligenzgrade. Auf der andern Seite liegt auch der Zufallstheorie, wie sie hier als allgemeines Erklärungsprinzip zu besprechen ist, nicht daran, etwa nur die Zahl als Intelligenzleistungen anzusehender Versuchsverläufe herabzudrücken, sondern um zu gewinnen, muß die Theorie sämtliche Versuche ohne Ausnahme auf ihre Weise deuten, und sie hat schon verloren, wenn allenfalls ein Teil der Beobachtungen sich ihren Anforderungen gemäß zurechtlegen läßt, aber die übrigen eine solche Deutung nicht erlauben. Ist das letztere der Fall und die Allgemeingültigkeit des Prinzips durchbrochen, so wird schließlich auch das Verlangen minder groß sein, Verhaltensweisen, die sich allenfalls

[1] Man sieht sich heutzutage gezwungen, in einer ernsthaften Schrift festzustellen, daß die Schimpansen bisher z. B. keinerlei Hinneigung oder Begabung für das Studium von vierten Wurzeln oder von elliptischen Funktionen zeigen.

noch in das Theorieschema hineindrängen ließen, aber von ihrer Eigennatur aus zu einer solchen Umdeutung durchaus nicht einladen, doch als eingeübte Zufallsprodukte auszulegen.

Die Vergangenheit der Tiere bis zu den Versuchen ist nicht völlig unbekannt. Wenigstens seit Anfang des Jahres 1913 wurden sie genau beobachtet, und etwa ein weiteres Halbjahr rückwärts können wir jede Übung für eine Reihe von Versuchssituationen dadurch für ausgeschlossen ansehen, daß die Tiere fortwährend auf allerengste Käfigräume ohne »Dinge« darin beschränkt waren (in Kamerun, auf der Reise, hier). Ich weiß über die Beobachtungen im Jahre 1913 nur durch mündlichen Bericht des Hrn. E. Teuber und muß danach annehmen, daß der Umgang mit Werkzeugen sich im wesentlichen auf einfachen Stockgebrauch ohne besondere Komplikationen (Armverlängerung und Springstockverfahren) bei Sultan und Rana, sowie auf einen Fall von Werkzeugherstellung in dem oben (S. 180) beschriebenen Sinn (Sultan zerlegt den Schuhreiniger) beschränkte.

Die erste Stationsschrift wird alles Nähere enthalten. Da ich über deren Inhalt nicht unterrichtet bin, kann ich, obwohl eigentlich der Nächste dazu, durchaus nicht im einzelnen feststellen, inwieweit etwa während jenes Jahres eine Vorübung für einen oder den andern der von mir angestellten Versuche möglich war. So muß ich den Leser bitten, diese Nachprüfung selbst vorzunehmen.

Auf jeden Fall ist der folgende Umstand wichtig: Handelt es sich um die prinzipielle Entscheidung, von der oben die Rede war, so darf in einer Erklärung nach dem Sinn der Theorie natürlich nicht die geringste Spur von Einsicht vorkommen, auch nicht an dem verstecktesten Platz und nicht unter der harmlosesten Verkleidung. Da also bis ins kleinste alles aus wirklich zufälligen Elementen der in jedem Fall möglichen Permutationen aneinanderzureihen und zu üben war, bis es als scheinbar geschlossener und einsichtiger Verlauf in den Versuchen auftreten konnte, so wird im allgemeinen nicht eine frühere Gelegenheit in ähnlichen Situationen, sondern eine größere Reihe von Wiederholungen solcher Gelegenheiten anzunehmen sein, damit jemand überhaupt ernstlich sagen könne: dieser und der, oder vielmehr alle hier beobachteten Verläufe haben ihren Ursprung und ihre Entwicklung den Prinzipien der Theorie gemäß durchgemacht.

Oben habe ich behauptet, die allgemeinen Prinzipien der höheren Psychologie hätten vielfach die Tendenz, uns die Dinge selbst, um die es sich handelt, eher zu verdecken als zu klären. Ein Beispiel: Sagt man,

die objektiv zweckmäßige Verwendung eines Stockes als Werkzeug zum Heranholen sonst nicht erreichbarer Gegenstände habe sich im Spiel des Zufalls und der selektiven Wirkung des Erfolgs ausgebildet, so klingt das sehr exakt und befriedigend. Sieht man aber etwas genauer zu, so mindert sich die Zufriedenheit mit dem allgemeinen Prinzip rasch, falls man dabei mit der Bedingung »ohne eine Spur von Einsicht« wirklich Ernst macht. Nehmen wir z. B. an, das Tier habe zufällig ein Stäbchen ergriffen zu einer Zeit, wo ein sonst nicht erreichbares Stück Futter in der Umgebung liegt. Da für das Tier keinerlei innere Verbindung zwischen Ziel und Stab besteht, so haben wir es weiter allein dem Zufall zu verdanken, wenn es unter einer sehr großen Anzahl von möglichen Fällen den Stab in die Nähe des Zieles bringt; denn wir dürfen ja durchaus nicht ohne weiteres annehmen, daß diese Bewegung auf einmal als ganze erfolgt. Mit einem Ende in der Nähe des Zieles angekommen, kann der Stab, der für das Tier noch gar nichts mit dem Ziel zu tun hat — das Tier »weiß nichts davon«, daß es objektiv dem Erreichen des Zieles etwas näher gekommen ist —, ebensogut fallen gelassen, wie zurückgezogen, wie nach allen Richtungen einer Kugel mit dem Tier als Mittelpunkt gestreckt werden, und der Zufall hat nun hart zu arbeiten, bis aus den Möglichkeiten dieser Art die eine herauskommt, daß das Stabende hinter dem Ziel niedergesetzt wird. Diese Lage des Stabes aber sagt dem Tiere ohne Einsicht wieder nichts; es können nach wie vor die verschiedensten »Impulse« auftreten, und der Zufall dürfte nahezu am Rande seiner Kräfte angekommen sein, wenn das Tier gerade hierauf zufällig eine Bewegung macht, die vermöge des Stockes das Ziel ein wenig nähert. Auch dies aber versteht das Tier durchaus nicht als eine Besserung seiner Situation; denn es sieht ja überhaupt nichts ein, und der erschöpfte Zufall, welcher alles zu leisten hat, was dem Tiere selbst versagt ist, muß doch noch verhüten, daß der Stock jetzt fallen gelassen, zurückgezogen wird o. dgl., muß bewirken, daß das Tier die richtige Bewegungsrichtung in weiteren zufälligen Impulsen beibehält. — Man kann sagen, es gäbe sehr verschiedene Impulsserien (Permutationen), die z. B. als letzte Elemente: »Stock hinter Ziel« und danach »objektiv passenden Impuls« enthalten. Das ist richtig, und die Möglichkeiten, die dem Zufall offenstehen, wenn er die große Arbeit leisten soll, werden dadurch zunächst ein wenig zahlreicher. Und doch wird ihm nichts damit erspart; denn bei weitem die Mehrzahl dieser Permutationen

enthalten natürlich objektiv ganz sinnlose Teile, die nur so aneinandergereiht auftreten, daß die Reihe zuletzt bei den angegebenen Elementen mündet. Wenn deshalb die ersten glücklichen Fälle, in denen diese Elemente den Abschluß bilden, solche objektiv unsinnigen Komponenten enthalten, so muß der Zufall durch eine sicherlich sehr große Anzahl weiterer einigermaßen günstiger Fälle die entsprechende Arbeit nachliefern, bis ein vollkommen glatter, durchaus einsichtig aussehender Verlauf unter Hilfe der (zunächst vermutlich äußerst seltenen) Erfolge zustande kommt; denn wie der Stockgebrauch hier zum erstenmal beobachtet wird, enthält er in keinem Fall eine vollkommen falsche Komponente, selbst wenn (wie bei Koko) Schwäche der Arme und Ungeschicklichkeit etwas hindernd wirken.

An dieser Stelle wird wohl eingewendet werden, der Drang nach dem Ziel, das allgemeinere »Instinktmotiv« in dessen Richtung, sei außer Acht gelassen. Dazu ist zu sagen: Erstens nehmen wir der Theorie gemäß natürlich an, daß dieser »Instinkt« vollkommen blind sei, daß das Tier nicht etwa irgendwie verstehe, daß es sich in dieser Richtung seinem Ziel nähert — denn andernfalls würde die Theorie sich selbst untreu —; zweitens besteht dieser Instinkt nach der Theorie für den Körper des Tieres, für die Innervationen von dessen Gliedern, nicht etwa für den Stock, den es zufällig in der Hand hält. Deshalb frage ich: Wenn das Tier, jenem Impuls folgend, den Arm (objektiv) in der Richtung des Zieles zum Greifen bewegt, wie soll es dabei den seinem Instinkt fremden Stock in der Hand behalten und nicht im Gegenteil diese Hand, wie sicher sonst, zum Greifen öffnen, also den Stock fallen lassen? Denn immer hat ja der Stock (für das Tier) gar nichts mit dem Ziel zu tun. Sollte es ihn aber gegen diese Anforderung der Theorie trotzdem in der Hand behalten, so ist das, weil jede Spur von Einsicht fehlt, auf sehr verschiedene Weise möglich; quer in der Mitte gefaßt, so daß der Stock frontalparallel und seitwärts gerichtet ist, am äußeren Ende gefaßt und das andere Ende irgendwie rückwärts (auf das Tier zu) gekehrt, nach oben gegen den Himmel und nach unten senkrecht zur Erde, in den verschiedensten Grifflagen usw. usw. Denn wenn nichts gegeben ist als der Körperimpuls in der (objektiven) Zielrichtung und zufällige Reaktionen — der Erfolg kommt erst nach einer glücklichen Permutation frühestens zur Wirkung —, dagegen Einsicht vollkommen ausgeschlossen

bleibt, dann ist jede Haltung des Stockes der andern gleichwertig, die Schranken der Haltungsmöglichkeiten sind allein muskulär, und der Zufall, der schon gegen die Theorie den Stock in der Hand gelassen hat, hat noch reichlich zu tun, bis er einige Male die richtige Haltung hervorgebracht, dann allmählich im Verein mit den Zufallserfolgen die falschen Elemente ausgeschaltet hat und bis eine einsichtige Handlungsweise hinreichend imitiert ist.

Man könnte endlich weiter einwenden, es brauche ja nicht der erste Erfolg mit einer derartigen Aktion auf einmal zu entstehen, sondern allerhand Unterteile könnten sich zuerst zufällig ausbilden und diese dann später leichter zur Gesamtaktion vereinigt werden. — Diese Überlegung hilft jedoch in Wirklichkeit auch nicht weiter; denn die den angeblichen Teilaktionen entsprechenden Permutationen können wohl einmal auftreten, aber sie können sich nicht zu festzusammenhängenden Teilverläufen zusammenschließen — was allein helfen würde —, weil der »Erfolg« fehlt, der nach der Theorie dieses Aneinanderhängen der einzelnen Impulse besorgt. Was macht es, wenn das Tier vom Zufall einmal bis dahin gebracht wird, daß der Stock mit einem Ende hinter dem Ziel aufgesetzt ist? Das ist kein Erfolg im Sinne der Theorie, solange, dieser entsprechend, dem Tier jede Spur von Einsicht fehlt, und so muß entweder der Zufall noch ein übriges tun und sofort glücklich zu Ende permutieren, bis das Ziel und das Tier sich treffen, oder aber: der Zufall irrt gleich danach auf objektiv ganz unangebrachte Impulse ab; dann besteht — nach der Theorie — durchaus keine Tendenz, die einmal vorgekommene Permutation bis »Stockspitze hinter Ziel« jemals zu wiederholen.

Die Zufallstheorie wird vielfach andern Erklärungsversuchen vorgezogen, weil man sie für besonders exakt, für ausgezeichnet mit den Anforderungen naturwissenschaftlicher Denkweise übereinstimmend hält; gerade deshalb würden es gewiß viele gern sehen, wenn nicht allein der Stockgebrauch, sondern alle beobachteten Leistungen auf die angegebene Art gedeutet würden. So wenig nun gegen die Theorie zu sagen ist, wo wirklich der Zufall mit Leichtigkeit einen Erfolg produzieren kann (z. B. wenn ein in engem Kasten eingesperrtes Tier blind nach außen drängt und in den ungeordneten Bewegungen dieser Art u. a. auf einen Hebel drückt, der die Tür öffnet), so schlecht sind doch ihre Aussichten bei der Erklärung von Versuchen wie den hier beschriebenen gerade vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus.

Die naturwissenschaftlichen Gedanken, mit denen man hier in Konflikt kommt, sind dieselben, welche Boltzmann zu der umfassendsten und bedeutendsten Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik Anlaß gaben. Danach gilt es in der Physik (und theoretischen Chemie) als unmöglich, daß innerhalb ihres Gebietes aus zufälligen (voneinander unab-

hängigen), ungeordneten und gleich möglichen Bewegungselementen[1] von großer Zahl im Verlauf der Permutationen eine gerichtete, einheitliche Totalbewegung zufällig zustande komme. Es ist bei der Brownschen Molekularbewegung z. B. nicht möglich, daß ein suspendiertes Partikelchen, welches zufällig und unordentlich hin- und hergeschoben wird, plötzlich ein Dezimeter in gerader Richtung forttransportiert werde; geschieht es, so ist unzweifelhaft eine »Fehlerquelle«, d. h. eine nicht den Zufallsgesetzen folgende Beeinflussung eingetreten. Ob es sich nun um die Brownsche Molekularbewegung oder um die behaupteten zufälligen Impulse eines Schimpansen handelt, das macht hier keinen prinzipiellen Unterschied aus; denn die Grundlagen des zweiten Hauptsatzes (nach Boltzmann) sind so allgemeiner Natur und so notwendig über die Thermodynamik hinaus auf Zufallsgebiet gültig, daß sie auch auf unser (angebliches) Material, die »Impulse«, Anwendung finden. Wer uns deshalb ein Spielen mit Analogien vorwürfe, der müßte sicherlich die Grundgedanken Boltzmanns (und Plancks) mißverstanden haben. — Richtig ist dagegen, daß ein quantitativer Unterschied zwischen dem thermodynamischen Fall und dem unsern besteht: In welchem Grade unwahrscheinlich (bis praktisch vollkommen unmöglich) das Auftreten einer speziellen Permutation ist, das hängt von der Zahl oder der Größe der unabhängigen Elemente ab, welche permutiert werden. Man sieht ohne weiteres, daß in dieser Hinsicht die »Unmöglichkeiten« der Thermodynamik von denen des Tierversuches (wie beschrieben im Fall des Stockgebrauches) nicht ganz erreicht werden, da wir es hier mit weniger Gliedern (möglichen Impulsen) zu tun haben, die im Vergleich mit dem Gesamtverlauf noch relativ groß sind. An der Richtung der Überlegung und der prinzipiellen Bedenklichkeit des theoriegemäß Behaupteten wird freilich hierdurch nichts geändert, wenn man nur fest dabei bleibt, nicht zufällige Kräfte auszuschließen, und deshalb die einzelnen Fälle mit ihren ungeheuren Anforderungen so durchzudenken, wie es oben für den Stockgebrauch geschehen ist.

Weder die allgemeine Zielrichtung des »Instinktimpulses« noch die Weiterbildung in »Selektion durch Erfolg« ändern an dem ungünstigen Stand der Dinge etwas; jene nicht aus dem oben angegebenen Grunde, diese nicht, weil sie zunächst fortwährend des nicht recht möglichen guten Zufalls bedarf, um überhaupt Gelegenheit zur Arbeit zu bekommen.

[1] Besser und genauer in der Physik: »Zustandselementen«. Es würde zu weit führen, wollte ich hierauf näher eingehen. Vgl. z. B. Planck, Acht Vorlesungen über theoretische Physik. 1910.

Da ähnliche Überlegungen[1] bei entwicklungsgeschichtlichen Fragen von Bergson, — wenn ich nicht irre, auch schon von E. v. Hartmann, angestellt wurden, und in der vitalistischen Literatur eine große Rolle spielen, so halte ich folgende Bemerkung für angebracht: E. v. Hartmann sieht es, wenn ich mich recht erinnere, für unmöglich an, daß der Vogel durch Zufall zu seinem Nest komme, und schließt, daß »das Unbewußte« hier Werkmeister sei; Bergson hält die zufällige Zusammenordnung der Elemente eines Auges für allzu unwahrscheinlich und läßt deshalb den »Élan vital« das Wunder vollbringen; die Neovitalisten und Psychovitalisten sind ebenfalls vom Darwinschen Zufall nicht befriedigt und finden überall im spezifisch Lebendigen »zielstrebige Kräfte« von der allgemeinen Art des menschlichen Denkens notwendig, welche allerdings dessen Eigenschaft, erlebt zu werden, nicht aufweisen. — Zu den angeführten Denkrichtungen hat diese Schrift nur die eine Beziehung, daß hier wie dort eine Zufallstheorie abgelehnt wird. Aber der Übergang von der Ablehnung einer solchen zu der Annahme einer der genannten Lehren gilt fast als obligatorisch, und deshalb hebe ich ausdrücklich hervor, daß die Alternative gar nicht heißen muß: Zufall oder Agentien jenseits der Erfahrung. In dieser Gegenüberstellung steckt der fundamentale Irrtum, daß alle Vorgänge in der unbelebten Natur als Zufallsgesetzen unterworfen angesehen werden müßten, während doch große Gebiete schon der Physik mit dem Zufall gar nichts zu tun haben. So gewiß nicht alle Physik Lehre von der ungeordneten Wärmebewegung ist, so sicher braucht man von einer Betrachtung wie der oben gegen die Zufallstheorie angestellten durchaus nicht zu der Annahme erfahrungsfremder Agentien überzugehen. Vom Standpunkt der Physik aus erscheint es als geradezu überraschend, daß man hier von einem Entweder-Oder zu sprechen pflegt, wo doch noch ganz andere Möglichkeiten vorliegen.

Ich glaube, gezeigt zu haben, daß die Zufallstheorie durchaus nicht in jedem Fall als exakt schlechthin gelten kann, und daß bei Leistungen von der Art der hier beschriebenen an den Zufall aufs Geratewohl beliebige Anforderungen gestellt würden, während doch gerade die Naturwissenschaft ein solches gutes Zutrauen nicht über gewisse Grenzen hinaus ohne weiteres

[1] Die Beziehungen zwischen dem zweiten Hauptsatz und den biologischen Zufallstheorien dürften längst bekannt sein; vielleicht hat Boltzmann selbst sie erwähnt.

erlaubt. Es empfiehlt sich, danach noch einmal einen Blick auf die Versuche selbst zu werfen.

Wir haben nach der Theorie in keinem Fall den ersten, sondern — da der Verlauf (vgl. Stockgebrauch), an »Impulsen« gemessen, relativ komplex und doch vollkommen glatt ist — stets einen Fall sehr hoher Ordnungszahl vor uns. Der objektiv passende Gebrauch einer Kiste o. dgl. als Schemel dürfte sich z. B. kaum unter weniger als, sagen wir, 50 Wiederholungen ausbilden können. So oft mindestens müßte ein hochangebrachtes Ziel für die Tiere nicht einfacher erreichbar und zu gleicher Zeit gerade eine Kiste oder ähnliches vorhanden gewesen sein. Man bedenke nur, wie unwahrscheinlich es allein schon ist, daß das Tier in jener Situation das Werkzeug überhaupt anfaßt oder gar bewegt, so lange jede Spur von Einsicht fehlt. Je mehr man die Betrachtung des Falles verschärft — wie das dringend zu wünschen ist —, desto mehr wird man geneigt sein, für die Ausbildung des Verhaltens im Zufall weit höhere Mindestzahlen für notwendig zu erachten.

Dieselbe nähere Betrachtung der einzelnen Fälle ergibt aber auch, daß zumeist nicht einmal die allereinfachste Vorbedingung für ein so ausgedehntes Zufallsspiel erfüllt ist. Wie oft konnte ein Schimpanse unter seinen normalen Lebensbedingungen überhaupt in die Lage kommen, z. B. für ein hochhängendes Ziel, also vermutlich eine Baumfrucht, eines Schemels zu bedürfen? Über und vor allem Werkzeuggebrauch steht als Lösungsmethode für den Schimpansen der Umweg im wörtlichen Sinn; immer, wo ein solcher uns auch nur entfernt möglich erscheint (und auch über diese menschliche Grenze hinaus), gibt es für diese Tiere überhaupt kein Zaudern und gewiß keine sonstigen »Impulse«; sie schlagen den Umweg sofort ein. Zu Beginn der Versuche war es geradezu meine Hauptarbeit, ihnen dies leichte Verfahren unmöglich zu machen (vgl. o. S. 11). Handelt es sich nun um Bäume — und wo sonst soll im Kameruner Wald etwas hoch hängen? —, so behaupte ich, daß es für die Schimpansen kaum etwas gibt, was sie nicht auf irgendwelchen Umwegen erreichen könnten. Man muß einmal gesehen haben, wie selbst noch ein schlechter Schimpansenturner (wie z. B. Sultan, den ich bisweilen frei draußen habe) von einem Baum zum andern springt, scheinbar fällt, rutscht usw., wie er sich in dünnes Gerank eines Baumes, das keinen rechten Ast, nur Laub und feinste Zweige enthält, ohne weiteres hineinfallen läßt und doch immer, für Bruchteile einer Sekunde

hineinpackend, genügend gebremst wird, um glücklich weiter zu schwingen, springen, und fallen, bis er an einem festen Platz, und wo er will, wieder zur Ruhe kommt. Daß die Tiere also irgend ausreichende Gelegenheit gehabt hätten, unter Ausschluß der ihnen natürlichen Turnumwege zum Durchpermutieren anderer »Impulsvielheiten« gezwungen zu werden, muß ich (für den Fall der Kistenverwendung) durchaus verneinen. Sie kommen natürlicherweise überall ohne Schemel an, und erst der experimentierende Mensch bringt sie in Lagen, wo solche Umwege ausgeschlossen sind oder (durch Verbote) als ausgeschlossen gelten. Ähnliches ist zu sagen über den Gebrauch des Stockes zum Heranziehen sonst nicht erreichbarer Gegenstände (hier wurde dergleichen an Tschego nicht vor dem Versuch beobachtet, Nueva und Koko wurden geprüft, kaum, daß sie angekommen waren), von dem Fortrücken einer Kiste, die am Gitter im Wege steht (in Freiheit macht der Schimpanse natürlich sofort Umwege um Steinblöcke oder dicke Baumstämme), und da eine Anzahl weiterer Versuche die passende Verwendung von Stock und Kiste voraussetzt, so fehlt auch ihnen aus demselben Grunde die für ausreichende Permutation erforderliche Vorgeschichte.

Noch einmal: Allerhand Gegenstände sind den Tieren vor den Versuchen schon irgendwie bekannt geworden. Aber von dem Anfassen eines Stockes bis zu seiner »wie einsichtigen« Verwendung ist ein gewaltiger Abstand. — Sollte man ferner die Theorie aufgeben und fragen, ob nicht z. B. Nueva schon einmal in einsichtigem Spielen mit dem Stock einen Stein umhergeschoben habe, so ist freilich in so veränderter Problemlage die Antwort nicht sicher. Denn mit auch nur wenig Einsicht wird natürlich manches leicht möglich, was aus reinem Zufall niemals hervorgehen könnte. Ich wäre sogar sehr geneigt, die Frage mit Ja zu beantworten, da, wie ich täglich sehe, im Spiel der Tiere, bei dem sie sehr wohl verstehen, was sie machen, Ähnliches nicht selten ist.

Sollten gegenüber diesem Gedanken Zweifel bleiben, so scheinen sie mir durchaus nicht mehr erlaubt gegenüber der Behauptung, daß in einigen Fällen das Tier entweder im ersten Versuch zum ersten Male überhaupt mit der betreffenden Situation zusammenkommt, oder aber höchstens ganz vereinzelte Fälle derart schon erlebt haben kann. Ein Beispiel gibt der oben beschriebene Modellversuch. Wer will ernstlich behaupten, daß eines der Tiere schon vor dieser Prüfung in einer ähnlichen Lage war? Beschränkt auf den Raum hinter einer Ebene (Gitter), schräg heranlaufend ein außen befestigtes Seil und in dessen Mitte ungefähr eine Frucht eingeknotet, so daß nur eine bestimmte Drehung des Seiles das Ziel erreichbar macht? Wennschon der Versuch einfach ist, — so etwas dürfte den

Tieren vorher noch nicht begegnet sein, und doch bringen vier von ihnen unabhängig voneinander die prinzipielle Lösung plötzlich vor. Niemals vor dem Versuch dürfte auch den Angeln einer Tür gegenüber ein Ziel gehangen haben, und doch wird diese mit einem Male scharf angesehen, gleich darauf in klarer Lösung geöffnet. Sehen wir von der Frage ab, wie Sultan auf die Kistenverwendung überhaupt kommt, so bleibt doch die andere: Was veranlaßt ihn, die belastenden Steine herauszunehmen, als eines Tages der betreffende Versuch gemacht wird? Wo soll er Gelegenheit zum blinden Permutieren in dieser Situation gehabt haben? Sicherlich nur ganz vereinzelt und nicht entfernt genügend oft für die Theorie kann es ferner vorgekommen sein, daß Nueva mit zu kurzem Stock das Ziel nicht erreichen konnte und nun gerade ein längerer zufällig so nahe lag, daß er mit dem kürzeren — natürlich immer alles in Zufallsimpulsen — herangeholt werden konnte usw. usw.

Es ist wahrhaftig eine unnatürliche Anstrengung, gegen eine Erklärungsweise, zu der in den Beobachtungen nicht der geringste Anlaß vorliegt, so weitläufig zu argumentieren. Auf den Charakter eben dieser Beobachtungen, der mehr besagt als alle solche Argumente, mache ich zum Schluß noch einmal in seinem Gegensatz zu den Anforderungen der Theorie aufmerksam:

1. Die Tiere sollen sich früher zufällig solche Lösungen andressiert haben; ein äußerst geläufiges Übungsprodukt wird angeblich beobachtet und sieht dieser höchsten Geläufigkeit wegen genau aus wie eine einsichtige Lösung. Aber die besten, klarsten Lösungen, die ich beobachtet habe, traten vielfach ganz plötzlich auf, nachdem das Tier sich zu Anfang des Versuches und in einzelnen Fällen für Stunden vollkommen hilflos gezeigt hatte. Wer den ersten Versuch Tschegos (Kiste am Gitter im Wege) oder den ersten Kistenversuch Kokos (Verwendung als Schemel) für die Wiederholung eines lange geübten sinnlosen Dressurproduktes ansehen will, tut das sicherlich gegen den unmittelbaren Eindruck, den das beobachtete Verhalten hervorruft.

2. Die Tiere sollen einen Verlauf durch Erfolgsselektion aus »Impulsen« so gebildet, gefestigt und geglättet haben, daß sie ihn in dieser Form jetzt »fließend« reproduzieren können. Dieser Anforderung entspricht wohl kein einziger beobachteter Versuch, da kaum einer zweimal in ganz gleicher Weise verläuft, vielmehr die einzelnen, in einem von ihnen vor-

kommenden Hantierungen gewöhnlich stark wechseln: Die Tür wird vom Boden aus wie im Hocken oben darauf aufgedreht, die im Weg stehende Kiste an einer Ecke vom Gitter abgerückt oder über die hintere untere Kante zurückgeworfen. Soll die Kiste unter das Ziel gebracht werden, so sieht man dasselbe Tier sie ziehen, kanten, tragen, wie ihm die Laune kommt usw. Die einzige Beschränkung, die es dabei gibt, ist der Sinn des Verfahrens. Gerade deshalb kann man als Beobachter auch beim besten Willen nicht sagen: Das Tier kontrahiert den und den Muskel, macht den und den Impuls. Das wäre die unsachliche Betonung eines von Fall zu Fall beliebig wechselnden Nebenumstandes. Man muß vielmehr einfach, wenn man sachlich sein will, für die Beschreibung Ausdrücke brauchen, die schon sinnvolle Zusammenhänge involvieren: z. B. »Das Tier entfernte die im Wege stehende Kiste vom Gitter«; welche Muskeln welche Bewegungen dabei ausführen, ist übrigens vollkommen einerlei.

3. Nicht so beliebig sind weitere Variationen, die ebenfalls der Theorie zuwiderlaufen, aber durch unvorhergesehene Zwischenfälle unmittelbar hervorgerufen werden, die Antwort auf sie darstellen; diese können ganz unmöglich alle andressiert sein. Das Tier führt dann nicht ein andressiertes Programm sinnlos weiter durch, sondern es begegnet der zufälligen Störung durch eine entsprechende Variation. Dergleichen kann man z. B. häufig beim Stockgebrauch sehen: Es sagt sich so leicht, daß ein Tier mit dem Stock einen Gegenstand heranholt, aber in Wirklichkeit muß es dabei jedesmal anders verfahren, weil auf unebenem Terrain jede Bewegung das Ziel in eine neue Lage bringt, die ihre Behandlung für sich erfordert. Als Sultan zum erstenmal einen Stab mit dem andern heranholte, verlief der Versuch (auf günstigem Boden) recht glatt. Das nächste Mal aber drehte sich der Stab weit draußen beim Heranziehen infolge von Reibung an einem Kiesel und war so nicht mehr zu befördern, da er gerade auf Sultan zu gerichtet lag; das Tier setzte sofort ab, brachte den Stab durch vorsichtige kleine Stöße zunächst wieder in Querlage und zog ihn dann weiter heran. Man kann geradezu sagen, daß in der Mehrzahl der Fälle von Stockgebrauch die Lösung der Hauptaufgabe unterwegs kleine, nicht vorherzusagende Zusatzaufgaben mit sich bringt, und daß der Schimpanse in der Regel sofort die entsprechende Modifikation des Verfahrens eintreten läßt. — Auch hier gibt es natürlich

Grenzen — über sie wird im nächsten Kapitel berichtet —, aber es soll ja auch nicht behauptet werden, daß der Schimpanse soviel leistet wie der erwachsene Mensch. Auf der andern Seite wäre es einfach unsinnig, zu behaupten, daß das Tier für alle diese verschiedenen Fälle und Variationen besondere Permutationen von Zufallsimpulsen durchgemacht habe.

4. Der Erfolg soll die objektiv passenden Permutationen aus der Gesamtheit aller, die auftraten, ausgewählt und zu einem Verband vereinigt haben. Aber die Tiere bringen vollständige Lösungsmethoden plötzlich klar und in sich geschlossen als ganze vor, die der Situation in gewissem Sinn durchaus angemessen und doch undurchführbar sind. Nie können sie mit ihnen Erfolg gehabt haben, solche Methoden sind also sicherlich nicht nach dem Schema der Theorie früher eingeübt worden. Ich erinnere daran, wie zwei Tiere eine Kiste, die zu niedrig steht, plötzlich anheben und erhöht an die Wand andrücken; wie mehrere sich bemühen, die Kiste diagonal zu stellen, so daß sie höher hinaufreicht; wie Rana zwei zu kleine Springstäbe übereinander zu einem optisch doppelt so langen vereinigt; wie Sultan auf große Distanz einen Stock mit dem andern bis ans Ziel steuert und dieses so gewissermaßen »erreicht«; im zweiten Teil dieser Untersuchungen wird als ein besonders merkwürdiger Fall beschrieben werden, wie mehrere Tiere, als ein Steinblock sie hindert, den schweren Türflügel aufzudrehen, plötzlich die größten Anstrengungen machen, die schwere Tür über den Stein hinüberzuheben. Wie sollen sie solche »guten Fehler« durch Erfolgsselektion sich andressiert haben?

Nach alledem muß, soviel ich sehe, auch ein Anhänger jener Theorie zu der Erkenntnis kommen, daß die mitgeteilten Versuchsberichte kein Anwendungsgebiet für seine Erklärungsart darstellen. Je mehr er sich bemüht, Wertvolleres als nur eben das allgemeine Schema seiner Theorie vorzubringen, nämlich wirklich durchzudenken und anzugeben, wie die Versuche alle im einzelnen ihm gemäß zu erklären und abzuleiten sind, desto klarer wird es ihm werden, daß er etwas Ungereimtes versucht. Er muß sich nur immer die Bedingung vorhalten, daß auch nicht unter der harmlosesten Form und nicht im kleinsten Detail Einsicht als ein Erfassen von Zusammenhängen in der Situation mitwirken soll.

Wer nicht von vornherein — etwa als wissenschaftlicher Sparer — sicher ist, daß nur jene Theorie auf Tiere angewendet werden darf, den

kann ich nur auffordern, einige der Versuchsberichte noch einmal durchzusehen. Wenn er von ihnen auch nur ganz entfernt ein Abbild dessen hat, was die unmittelbare Beobachtung der wirklichen Verläufe allerdings in vollkommen nicht wiederzugebender Weise lehrt, so wird er vielleicht fühlen, daß hier zu der Wirklichkeit außer der Theorie auch schon so ausgedehnte Erörterungen über sie sachlich nicht passen; in dem Maße disparat stehen Beobachtungen und Erklärungsweise einander gegenüber. Leider wird man durch den geringen Kurswert, den psychologische Beobachtungen gegenüber allgemeinen Prinzipien haben, zu solchen wunderlichen und von der Sache selbst durchaus nicht erforderten Diskussionen gezwungen. Ich komme von hier an auf die Theorie nicht mehr zurück und behandle die Versuche nur noch nach den Gesichtspunkten, die sich aus ihnen selbst ergeben.

Mit den Ausführungen über das Zufallsprinzip habe ich nicht zugleich zur allgemeinen Assoziationstheorie Stellung genommen, und schon ganz zu Anfang wurde hervorgehoben, daß die Frage, die in dieser Schrift zu beantworten ist, bejaht oder verneint werden könnte, ohne daß damit über das Verhältnis der Versuche zur Assoziationslehre etwas ausgesagt würde. Dabei bleibt es auch jetzt. Das Zufallsprinzip will uns für Tiere eine Erklärung aufzwingen, die unzweifelhaft Einsicht ausschließt und berührt damit den Kern der Untersuchung. Die Assoziationstheoretiker wissen und erkennen an, was man Einsicht beim Menschen nennt und behaupten, sie könnten dergleichen aus ihren Prinzipien ebensogut erklären wie die einfachste Berührungsassoziation (oder Reproduktion). Für tierisches Verhalten folgt daraus höchstens, daß sie dieses, falls es einsichtigen Charakter hat, ebenso behandeln werden, aber durchaus nicht, daß beim Tier notwendig fehlen müßte, was beim Menschen einsichtig genannt zu werden pflegt. Ich kann deshalb eine nähere Erörterung in dieser Richtung vermeiden und will hier nur bemerken, daß erste und unerläßliche Vorbedingung für eine ausreichende assoziative Erklärung einsichtigen Verhaltens folgende Leistung der Assoziationstheorie wäre: Es ist aus dem Assoziationsprinzip streng abzuleiten, was das Erfassen eines sachlichen, inneren Bezugs zweier Dinge zueinander ist (allgemeiner: das Erfassen eines Situationsaufbaues); dabei ist mit »Bezug« ein Zusammenhang auf Grund der Eigenschaften jener Dinge selbst gemeint, nicht etwa ein häufiges »Hintereinander- oder Zugleich-Auftreten«. Diese Aufgabe ist deshalb an

erster Stelle zu lösen, weil solche Bezüge die elementarste Funktion (nicht im Stumpf'schen Sinn) darstellen, die an spezifisch einsichtigem Verhalten beteiligt ist, und es unterliegt gar keinem Zweifel, daß u. a. diese Bezüge das Verhalten des Schimpansen fortwährend bestimmen[1]. Sie sind also nicht etwa außer »Empfindungen« u. dgl. nur eben auch noch da als weitere assoziierbare Stücke, sondern es läßt sich — man kann es zahlenmäßig tun[2] — vollkommen streng beweisen, daß sie das Verhalten des Schimpansen, demnach auch seine innere Dynamik, durch ihre charakteristischen Prozeßeigenschaften auf das stärkste mitbestimmen. Entweder die Assoziationstheorie ist imstande, das »Kleiner als«, »Weiter entfernt als«, »Gerade dahin gerichtet« usw. seinem inneren Sinn nach als Assoziationen aus Erfahrung in vollkommener Klarheit darzustellen — dann ist alles gut; oder aber die Theorie kommt als ausreichende Erklärung nicht in Betracht, wenn sie nämlich jene für den Schimpansen (wie für den Menschen) primär wirksamen Momente nicht abzuleiten vermag: Im letzteren Fall könnte nur eine Mitbeteiligung des Assoziationsprinzips zugelassen werden, und mindestens jene andere Prozeßart, die Bezüge und nichtäußerlichen Zusammenhänge, wäre außerdem noch als unabhängiges Wirkungsprinzip anzuerkennen.

Sehr viel kürzer als die Zufallstheorie läßt sich eine Deutung behandeln, die man nicht selten von Nichtfachleuten zu hören bekommt, die aber niemand recht ernst nehmen wird, der viel mit Tieren experimentiert hat. Konnten die Schimpansen nicht vor den Versuchen einmal ähnliche Lösungsmethoden vom Menschen durchgeführt sehen und ahmen sie nicht einfach solche menschliche Vorbilder nach?

Zunächst ist der Gedanke zu der in dieser Schrift behandelten Frage in klare Beziehung zu bringen: Er darf nur dann in der Form eines Einwandes vorgebracht werden, wenn das »einfache Nachahmen« einen Vorgang ohne jede Spur von Einsicht in das früher Gesehene darstellen soll; denn andernfalls haben wir es statt mit einem Einwand mit einem sehr speziellen Vorschlag zur Deutung vorhandenen einsichtigen Verhaltens zu tun. Ich vermute, daß schon auf diese Klärung des sogenannten

[1] Ebenso wie (vgl. Selz, a. a. O.) die Reproduktion des Menschen.

[2] Dieser Nachweis wird in einer nächsten Schrift erbracht. Es ergeben sich daraus gewisse Konsequenzen für die betreffenden Nervensysteme. (Physiologische Theorie der sachlichen Bezüge.)

Einwandes hin die Neigung, ihn als solchen vorzubringen, einigermaßen gering werden wird. Denn das plötzliche, unvermittelte Vorbringen irgendwann ohne Spur von Einsicht gesehener, relativ komplexer Handlungen, und zwar genau, als ob sie einsichtig wären, würde ja eine Erscheinung darstellen, die meines Wissens in der Psychologie weder des Menschen noch der Tiere bisher jemals beobachtet worden ist, hier also hypothetisch neu eingeführt werden müßte. Und so scheint mir, daß eine Art Denkfehler der folgenden Art vorliegt: Für den erwachsenen Menschen ist im allgemeinen nichts leichter als das, was er einen andern machen sieht oder sah, selbst »einfach nachzuahmen«; vor allem Handlungen wie die hier von Schimpansen ausgeführten »macht« selbstverständlich jeder normale Erwachsene dem andern »sofort nach«, wenn ein Anlaß dazu vorliegt; hier kann man in der Tat von »einfachem Nachahmen« sprechen. Dieser Tatbestand nun verführt wohl bei flüchtigem Denken zu dem erwähnten Einwand, indem bei der Anwendung auf den Schimpansen außer acht gelassen wird, daß der nachahmende Mensch natürlich meistens dieselbe Handlung selbst schon lange kennt und jedenfalls, solange sich das Vorbild nicht über gewisse Grenzen hinaus kompliziert, sofort versteht, einsichtig erfaßt, was das Tun des andern bedeutet, inwiefern es etwa eine »Lösung« in der betreffenden Situation ist. Daß es dagegen möglich sei, noch dazu nach längeren Zeiträumen — denn in der Zeit unmittelbar vor solchen Versuchen schließt der Experimentator jede Gelegenheit zur Nachahmung aus[1] — in keiner Hinsicht und in keinem Teil verstandene komplexe Verhaltensweisen plötzlich als in sich geschlossene, klare Verläufe vorzubringen, nur weil sie früher einmal oder öfters optisch miterlebt wurden, — noch einmal: das hat uns noch keine Erfahrung gezeigt, und wenig Aussicht ist vorhanden, daß sie uns etwas so Merkwürdiges in Zukunft zeigen werde. Wieder aber kommt alles darauf an, daß man streng denkt und nichts, was im Mindesten Verständnis des Geschehenen wäre, bei der angenommenen »Nachahmung« dieser Art mitwirken läßt.

Selbst Tierpsychologen haben wohl nicht immer genau auf diesen fundamentalen Unterschied des als »einfach« bekannten menschlichen Nachahmens und des von Tieren leichthin geforderten geachtet, und so entstand eine gewisse Verwunderung, als sich zuerst im Versuch zeigte, daß

[1] Abgesehen von den Fällen, wo gerade das »Nachahmen« untersucht werden soll.

es bei Tieren mit dem anscheinend so leichten Nachahmen im allgemeinen recht schlecht bestellt ist. Hätte man bedacht, daß der Mensch zunächst in irgendeinem Grade oder Teile verstehen muß, ehe er überhaupt darauf kommt, nachzuahmen, so wäre das Erstaunen vielleicht geringer gewesen; denn die nächstliegende Arbeitsrichtung ist doch hier entschieden: Nachzuprüfen, ob etwa auch das Tier ein gewisses Minimum von Verstehen des Gesehenen aufbringen muß, ehe Nachahmung überhaupt möglich werden kann. In neueren Versuchen amerikanischer Forscher[1] ist, entgegen den Ergebnissen Thorndikes, mit aller Sicherheit festgestellt worden, daß Nachahmung, wenn auch kümmerlich und schwerfällig, bei höheren Wirbeltieren vorkommt. Die Berichte stimmen gut zu der Annahme, daß im allgemeinen schwere Arbeit, wenigstens etwas an dem Vorbild zu verstehen, von dem Tier geleistet werden muß, ehe die Nachahmung eintreten kann. »Einfache Nachahmung!« Jedem, der noch nicht Untersuchungen an Tieren angestellt hat, kann ich nur sagen: Kommt es wirklich einmal vor, daß ein Tier, dem eine Lösung vorgemacht wird, nun plötzlich diese auch ausführen kann, obwohl es vorher ahnungslos war, so hat man in demselben Augenblick unvermeidlich eine wahre Hochachtung vor diesem Tier. Leider ist selbst beim Schimpansen so etwas recht selten zu sehen[2] und immer nur dann, wenn die betreffende Situation sowie die Lösung ungefähr innerhalb derselben Grenzen liegen, die dem Schimpansen auch für ganz spontane Leistungen gezogen sind. Man sieht, wie erfahrungsfremd ein solcher Einwand ist.

Auch beim Schimpansen (und wohl ebenso bei andern höheren Vertebraten) kommt das »einfache Nachahmen« mit Leichtigkeit zustande, sobald die gleichen Bedingungen wie beim Menschen gegeben sind, d. h. dem Tier das nachzuahmende Verhalten auch sonst schon geläufig und verständlich ist; gibt es unter solchen Umständen überhaupt einen Anlaß, auf den andern (Tier oder Mensch) zu achten und interessiert dessen Verhalten, so wird entweder »mitgemacht« oder »die gleiche Lösung versucht« usw. Was das Nachahmen anbetrifft, scheinen also bei höheren Tieren ganz ähnliche Verhältnisse und qualitative Bedingungen zu bestehen wie beim Menschen. — Daß auch der Mensch sofort nicht mehr »einfach nachahmen« kann, wenn er einen Vorgang, eine Gedankenfolge nicht genügend versteht, läßt sich leicht zeigen; ich komme hierauf zurück, wenn über die Nachahmungen des Schimpansen berichtet wird.

[1] Berry, The Journal of Comp. Neurol. and Psychol. 18 (1908); Haggerty, ebenda 19 (1909).

[2] Vgl. Pfungst, Bericht über den 5. Kongreß f. exper. Psychologie 1912, S. 201. Doch geht Pfungst wohl zu weit; auch der Mensch wird im Bedarfsfall vom Schimpansen »nachgeahmt«, falls er verstanden ist.

Späteren Ausführungen vorgreifend, erwähne ich vorläufig nur kurz, daß etwa vier Arten von Nachahmung beim Schimpansen vorkommen, daß aber nichts von dem Beobachteten auch nur daran denken läßt, die Tiere könnten Wesentliches ihrer beschriebenen Leistungen »einfach« und dabei vollkommen uneinsichtig »nachgeahmt« haben. So einen Vorgang gibt es beim Schimpansen überhaupt gar nicht.

Im übrigen mögen zur vorläufigen Begrenzung dessen, was in irgendeiner Form von Nachahmung übernommen sein könnte, folgende Bemerkungen dienen:

1. Auf die Frage, ob die Tiere schon einmal ihren Leistungen Ähnliches vom Menschen ausgeführt sehen konnten, ist in manchen Fällen sicherlich mit Ja zu antworten oder vielmehr: Manche Verhaltensweisen müssen die Tiere schon vor den Versuchen gesehen haben, wenn auch dahingestellt bleibt, mit welchem Grade von Aufmerksamkeit. Es ist z. B. nahezu unmöglich, einen Schimpansen in der Gefangenschaft zu halten, ohne daß jemals etwas wie Stockgebrauch in seiner Gegenwart vorgenommen würde. Schon das Reinigen seines Käfigs (Besen u. dgl.) wird, wenn man nicht schon deswegen ein kompliziertes System einführen will, zu ähnlichen Handlungen führen, und wenn man versucht, dem Wärter dergleichen zu verbieten, so kommt man erstens zu spät (denn schon auf dem Schiffstransport oder früher bestand die gleiche Wahrscheinlichkeit), und zweitens ist es für Nichtsachverständige recht schwer, dergleichen wirklich zu unterlassen, weil die mechanisierten Werkzeugverwendungen beim Menschen geradezu ohne sein Wissen auftreten. Das muß man in den Kauf nehmen. — Nicht ebenso leicht kommt Gebrauch von Kisten und Ähnlichem als Schemel vor, sehr wahrscheinlich dagegen haben die Tiere vor den Versuchen Fälle von Leiterverwendung gesehen. Inwieweit derartige Vorbilder, auf die nicht sofort eine Gelegenheit, ein Anlaß zur Nachahmung folgt, späteres Verhalten der Tiere beeinflussen können, ist in anderm Zusammenhang zu besprechen; ohne jede Spur von Verstehen scheint, wie ich nochmals hervorhebe, das Zugegensein bei einigen oder vielen Fällen von Werkzeugverwendung die Wirkung Null zu haben[1].

[1] Absichtliche Unterweisung der Tiere ist, wie ich mit aller Sicherheit feststellen kann, niemals erfolgt, mit Ausnahme der Fälle, wo ich selbst alles daransetzte, auf diesem Wege etwas zu erreichen.

2. In einer Anzahl von Fällen erscheint jede Art von Nachahmung der Natur der Sache nach als ausgeschlossen:

a) weil die betreffende Aufgabe noch nie in Gegenwart der Schimpansen von Menschen gelöst sein dürfte (man denke an die Benutzung des Türflügels, an die Erleichterung der steingefüllten Kiste, an den oben beschriebenen Versuch mit dem schräg zum Gitter laufenden Faden u. a. m.),

b) weil kein Mensch je auf den Lösungsversuch der Tiere verfallen würde (ich erinnere an den Springstock und an die guten Fehler: Wer soll ihnen vorgemacht haben, eine Kiste hoch an die vertikale Wand zu stellen oder zwei Stöcke in rein optischer Lösung zu einem verlängerten zusammenzuhalten usw.?).

Bei alledem ist schon hier zu betonen: Man hat gesagt, der Schimpanse übernehme nie eine Verhaltensweise des Menschen. Das ist nicht richtig. Es kommen Fälle vor, wo selbst der größte Skeptiker zugeben wird, daß der Schimpanse nicht allein von seinen Artgenossen, sondern ebenso vom Menschen neue Leistungen übernimmt.

8. Umgang mit Formen.

In allen Intelligenzprüfungen, welche eine optisch gegebene Situation verwenden, hat der Prüfling, wenn man genauer zusieht, neben andern Aufgaben die eines Erfassens bestimmter Formen oder (v. Ehrenfels, Wertheimer)[1] Gestalten zu leisten. Diese Gestaltmomente waren in den meisten bisher beschriebenen Versuchen von der einfachsten Art, so daß der Unbewanderte noch kaum die charakteristischen Eigenschaften von Gestalten an ihnen erkennt: Grobe Distanzen (sehr vielfach), das Zueinander von Größen (z. B. im Doppelrohrversuch der beiden Öffnungen), grobe Richtungen und allenfalls Richtungskomponenten (Modellversuch des vorigen Kapitels, Türflügelversuch u. a.). Immer da aber, wo eine Formaufgabe etwas größere Anforderungen stellte, also da, wo man (untheoretisch) gewöhnlich erst von Formen und Gestalten (im engeren Sinn) spricht, begann der Schimpanse zu versagen und ohne Rücksicht auf das Feinere der Situationsstruktur so zu verfahren, als wären ihm alle Formen nur en bloc,

[1] V. Benussi nenne ich in diesem Zusammenhang trotz seiner schönen Experimente nicht, weil es mir Mühe macht, seine besondere Auffassung der Gestaltfragen (Produktionstheorie) auf die Untersuchung von Tieren zu übertragen.

gewissermaßen ohne straffe innere Zeichnung gegeben. Das kam beim aufgewickelten Turnseil, beim aufgewundenen Draht, beim Kistenbau vor. — Nun pflegten bisher die Situationen, in die man Säugetiere von der Katze aufwärts brachte, um ihre Intelligenz zu prüfen, zum größten Teil Formen recht komplexer Art zu enthalten, insbesondere allerhand Türverschlüsse u. dgl. Daß Tiere unterhalb der Anthropoiden diese Anordnungen nicht sofort (wenn überhaupt jemals) verstehen, ist schon nach dem bisher Berichteten geradezu selbstverständlich. Ich kann bei dem Übergang zu schwierigeren Versuchen am Schimpansen so zufällig-kompliziertes Versuchsmaterial nicht verwenden; auch die folgenden Prüfungen sind darauf gerichtet, möglichst die primären Funktionen[1] immer höheren Grades in der Untersuchung zu treffen, welche selbst dem Experimentator verborgen zu bleiben pflegen, wenn er Versuche über »Aufriegeln«, »Doppelverschluß« u. dgl. macht. Die Gesichtspunkte, nach denen eine Prüfung zu entwerfen ist, sind psychologischer, nicht technologischer Natur; wenn ein Tier einen komplizierten Verschluß nicht öffnet oder irgendwie öffnet, so bleibt der Psychologe noch ganz im Dunkeln darüber, was eigentlich es im psychologischen Sinn nicht gekonnt oder auch irgendwie zustande gebracht hat.

In welcher Richtung man fortzuschreiten hat, um höhere und doch noch für Beobachtung und Funktionsverständnis hinreichend klare Versuchssituationen zu finden, lehren die folgenden Erfahrungen:

Tschego macht ihre ersten Stockversuche und holt (2. 3. 14) Früchte mit dem Stab geradeswegs an das Gitter ihres Raumes heran. Nun ist der untere Teil des Gitters noch mit einem dichten, engmaschigen Drahtnetz überzogen, und die Früchte, die das Tier gerade auf sich zu herangezogen hat, kann es jetzt, obwohl sie dicht vor ihm liegen, nicht ergreifen — weder durch die engen Maschen hindurch, noch von oben über das Netz hinweg, da dieses höher ist, als sein Arm hinabreicht. Etwa 1 m seitlich ist das Netz niedriger: Nachdem Tschego einmal vergeblich hinuntergelangt hat, nimmt sie sofort wieder den Stock zur Hand, schiebt das Ziel in klarer, stetiger Bewegung seitwärts auf die niedrige Stelle zu (also von ihrem derzeitigen Platz fort), geht dann schnell selbst hin und kann ohne weiteres die Früchte aufnehmen.

[1] Nicht im Sinne des Stumpfschen Terminus, sondern im Sinne von Großhirnfunktionen gemeint.

Ganz ähnlich verfährt Sultan (17. 3.). Der Stock ist an ein Seil gebunden und dieses am Rahmen des Gitters festgenagelt. Gegenüber außen liegt das Ziel, aber wieder ist unten das Eisengitter mit dichtem Drahtnetz bedeckt, so daß das Tier darüber hin mit dem langen Stock arbeiten, nicht aber das Ziel erreichen kann, wenn es dieses gerade zu sich herangezogen hat. Sultan nimmt den Stock und schiebt das Ziel seitlich, ebenfalls in bestimmtester Bewegung, auf ein Loch unten im Drahtnetz zu, von wo er mit dem Arm hinaus auf den Boden greifen kann. Sehr aufklärend, besonders für die Zufallstheorie, ist es, daß Sultan nach einer Weile sorgfältigen Schiebens auf jenes Loch zu den Stock fallen läßt, an das Loch herantritt, seinen Arm hinausstreckt, nach dem Ziel faßt, und da er gerade noch nicht ankommt, sofort zum Stock zurückgeht und das Ziel mit ihm dem Loch noch näher schiebt, so daß er nun von der Öffnung aus die Früchte fassen kann.

Arbeitete das Tier nicht von der Gitterstelle aus, der das Ziel gerade gegenüberliegt, sondern von vornherein von der Stelle aus, wo es in den beschriebenen Versuchen später mit der Hand hinausgreift, dann würde es hier während des Vorganges seitlich nach dem Ziel hingedreht sitzen, dieses fast gerade zu sich heranziehen und so nicht den beobachteten Umweg machen. Um Sultan an diesem Verfahren zu verhindern, war der Stab mittels des Seiles so festgelegt, daß der Stockgebrauch nicht etwa von dieser zweiten Stelle aus stattfinden konnte, weil bis dahin das Seil nicht reichte. Wie der wirkliche Versuchsverlauf beschaffen ist, arbeiten die beiden Tiere unter 90° bis 180° von sich fort, wenn wir mit 0° die Richtung Ziel–Tier bezeichnen, auf der sich natürlicherweise der Stockgebrauch abspielt. Es liegt also wie in früheren Umwegversuchen der Fall vor, daß eine Handlung, die für sich betrachtet sinnlos, ja schädlich ist, in der Bindung mit einer zweiten (»später Hingehen an die zweite Stelle und dort Ziel erreichen«) und nur in dieser Bindung sinnvoll wird: Das Ganze stellt sogar die einzige in Betracht kommende Lösungsmöglichkeit dar. Diesen Sachverhalt habe ich bereits in einem früheren Abschnitt als charakteristisch für Umwege angesehen, dort aber keine Konsequenzen für die Tiere ziehen mögen. Nach den Erörterungen des vorigen Kapitels ist wenigstens die Frage berechtigt: Ein erster Teil a des Versuchsverlaufes (»Hinschieben nach einer andern Stelle und vom Tier fort«) kann allein nicht einsichtig zustande kommen; denn er ist allein genommen eher schädlich als fördernd; b aber (»Hingehen zur zweiten Stelle und Ergreifen des Zieles«) kommt noch gar nicht in Betracht — ist es denkbar, daß (ab) als in sich geschlossener Handlungsentwurf aus der einsichtig betrachteten Situation für das Tier (oder einen Menschen) herausspringt? Einen andern Weg nämlich sehe ich nicht, wenn bereits der Anfang des Verfahrens, isoliert genommen, gar nichts von einer Lösung enthält, ja einer solchen entgegengesetzt scheint, also als isoliertes Stück nicht einsichtig auftreten kann. Auch realiter ist danach ein Ganzes verlangt, welches sozusagen seine »Teile« erst legitimiert, falls ein Verlauf wie der beschriebene einsichtig soll zustande kommen können. Die Gestalttheorie kennt Ganze, die mehr sind als die »Summe ihrer Teile«; hier wird sogar ein Ganzes

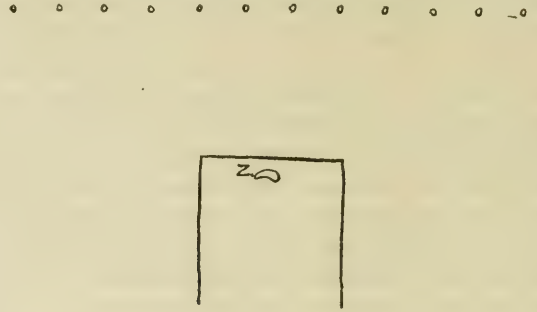
verlangt, welches zu einem seiner »Teile« in einem gewissen Gegensatz steht, und das erscheint als eine sonderbare Konsequenz. — Wollte man vollends versuchen, das Auftreten einsichtiger Lösungen physiologisch zu verstehen, so würde wohl dieser Tatbestand einen rechten Probierstein für jede theoretische Bemühung abgeben.

Funktionell betrachtet, bringt das beobachtete Verhalten auf zwei relativ einfache Gesichtspunkte. Man kann sagen, das Tier verstehe mit dem Stock als Werkzeug ebenso Umwege zu machen wie mit dem eigenen Körper — diese Möglichkeit tritt in dem Versuch selbst noch nicht rein hervor — und zweitens: beim Stockgebrauch werde in Rücksicht auf eine weitere, ganz andere Handlung (Veränderung der eigenen Körperstellung) verfahren, die erst hinterdrein als Abschlußteil des Verlaufes wirklich auftreten kann. Ich wende mich der näheren Untersuchung der ersten Möglichkeit zu.

Leicht kann es scheinen, als gehöre die Behandlung dieses ersten Momentes nicht hierher, wo die Anforderungen an die Tiere größer werden sollen. Als allerleichteste Form des allgemeinen Prüfungstypus können Umwege auch mit Hunden und in sehr beschränktem Maß selbst mit Hühnern angestellt werden. Mancher wird deshalb meinen, es komme nicht viel darauf an, ob ein Umweg nun mit dem eigenen Körper oder mit einem Werkzeug in der Hand gemacht werden solle; sei im letztgenannten Fall nur der Gebrauch des Werkzeuges an und für sich geläufig, so müsse sich das — von eigenen Bewegungen her wohlbekannte — Umwegemachen geradezu von selbst ergeben. In der Tat möchte das bei logizistischer Auffassung vom Wesen intelligenten Verhaltens vielleicht folgen. Aber es geht hier wie in der höheren Psychologie auch sonst: selbst das einsichtige Verhalten, die Intelligenzleistung wehrt sich gegen »intellektualistische Deutungen«. Jedenfalls ist der Schimpanse sehr weit davon entfernt, ebenso leicht mit Werkzeugen (überhaupt Dingen) Umwege zu machen, die die Situation verlangt, wie er dasselbe in eigener Körperbewegung leistet.

Ich beschreibe Prüfungen in dieser Richtung, die an dem ruhigsten, klarsten Tier, also Nueva, zuerst vorgenommen wurden. — Sie sitzt hinter einem Gitter, vor ihr draußen (45 cm entfernt) steht auf dem Boden eine Vorrichtung von der Form einer (oben offenen) quadratischen Schublade, der eine Seitenwand fehlt; die Kanten sind 38 cm lang, die drei Vertikalwände 6 cm hoch; das »Umwegbrett« ist auf sonst freiem Grunde so nieder-

gesetzt, daß die Seite ohne Vertikalwand (vgl. Skizze) vom Tiere fortgekehrt ist (Normalstellung). Bei *Z* legt der Versuchsleiter das Ziel (Banane) nieder und gibt dann Nueva einen längeren Stab in die Hand (18. 3.). Sie kratzt das Ziel gerade auf sich zu (0°), kann es bald nicht weiterbringen, weil die vordere Vertikalwand im Wege ist, und gerät in großen Kummer; sie klagt und bittet, wird aber in keiner Weise unterstützt. Endlich ergreift sie den Stock von neuem und bemüht sich wieder, unter 0° das Ziel heranzuholen. Mit einem Male ändert sich dann das Verfahren: sie setzt plötzlich den Stock nicht mehr hinter dem Ziel nieder und zieht, sondern vor ihm und schiebt es, mehrmals sorgfältig den Stock von



neuem ansetzend, mit aller Sicherheit auf die offene (von ihr selbst abgekehrte) Seite zu, also unter etwa 180°. Dies behutsame und gleichmäßige Schieben hält sich bis nahe an den Rand des Brettes, wo ohne jeden Ruck, ohne Unstetigkeit im Gesamtverhalten des Tieres der Stock einmal hinter das Ziel kommt und dieses um einige Zentimeter (etwa 5) zurückgezogen wird. Der »Umschlag« dauert nur Momente; dann tritt das Fortschieben auf die Öffnung von neuem ganz klar auf, das Ziel wird in gleichmäßigem Weiterarbeiten ruhig vom Brette herunter seitwärts entlang gestoßen und schließlich im Bogen (auf der linken Seite vom Tiere aus; so immer) glücklich herangeholt.

Bei einer Wiederholung nach wenigen Minuten wird sofort der ganze Umweg mit klarem Beginn unter 180° und ohne jeden Fehler zurückgelegt.

Wiederholung am folgenden Tage: Nueva zieht das Ziel zuerst unter 0° näher, kehrt dann, ganz scharf absetzend, die Bewegungsrichtung um, ehe noch die hindernde Vertikalwand wirklich erreicht ist, schiebt also das Ziel über einen großen Teil des Brettes hin gleichmäßig von sich fort, macht für einen Augenblick wie tags zuvor einen Umschlag durch und legt danach die Umwegkurve sorgfältig und glatt zurück. — (Wiederholung nach wenigen Minuten: Klare Lösung ohne jeden Fehler.)

(20. 3.) Das Umwegbrett hat die Fläche 50 cm², der erforderliche Umweg ist also entsprechend größer. Nueva setzt unter 0° an, wendet (wieder, ohne zuvor die Wand zu erreichen) plötzlich um und befördert mit Ruhe und Sorgfalt das Ziel durch die Umwegkurve bis in Reichweite. — (Wiederholung nach wenigen Minuten: Fehlerfreie Lösung.)

Wiederholung am 28. 3. Beginnt mit 0°, geht abrupt zu 180° über. Als beim Herumziehen des Zieles um die Ecke des Brettes die Seitenwand dem Stocke im Wege ist, schiebt das Tier resolut, aber ruhig das ganze Brett mit dem Stocke zur Seite und arbeitet nun bequem weiter.

Das beschriebene Verhalten Nuevas ist weit klarer als alles, was weiterhin von den anderen Tieren berichtet wird, und doch zeigt es schon deutlich genug, daß sich eine Lösung, wie sie hier allein in Betracht kommt und ja nach primitiverem Verhalten im Anfang auch wirklich ausgeführt wird, nur gegen einen starken Widerstand durchsetzen kann. Unzweifelhaft tritt sie bei Nueva noch durchaus einsichtig auf: so klar setzt sich die neue Bewegungsrichtung (180°) von der ersten (0°) ab, und so gar nicht ist hier von einem diffusen Herumprobieren die Rede. Aber daß es so lange dauert, bis diese Lösung überhaupt gefunden wird, und das Tier nach der ersten Bemühung primitiver Art zeitweise ratlos bleiben kann, daß noch nach sechs Versuchen die Richtung 0° zuerst wiederkehrt, ehe die Lösungsrichtung plötzlich aufkommt, das steht in einigermaßen scharfem Kontrast zu der Selbstverständlichkeit, mit der die Schimpansen auf Umwegen zu einem Ziele hin laufen oder klettern. — Der merkwürdige »Umschlag«, der noch beim dritten Versuche (am zweiten Versuchstage) beobachtet wird, erweist ferner, daß es sogar schwer bleibt, das Lösungsverfahren durchzuführen, nachdem es schon mit Bestimmtheit aufgetreten und recht weit gefördert ist. — Diese momentane und räumlich sehr beschränkte Rückwärtsbewegung hat gar nichts von einem Herumprobieren. Am ersten kann ich ihren Charakter durch einen ungefähren Vergleich kenn-

zeichnen: Soll ein Mensch Bewegungen, die ihm sonst keinerlei Mühe machen, mit einem Male ausführen, während er sie in einem Spiegel beobachtet, so kommt es bekanntlich[1] vielfach zu einem zwangsmäßigen Umschlagen der Aktionsrichtung, weil die normale Zuordnung von Optik und Motorik gestört ist. Wie Nueva für Augenblicke in die normale Richtung, das Ziehen, zurückfällt, hat der Beobachter den Eindruck, daß das Tier selbst erst über die Änderung orientiert wird, nachdem schon ein kleines Stück Weges wirklich unter 0° zurückgelegt ist. In späteren Versuchen kommt nicht allein diese Erscheinung nochmals, sondern sogar eine Steigerung bis ins Paradoxe vor.

Nur noch ein einziges Tier, und zwar der kluge Sultan, brachte es bei Normalstellung des Brettes überhaupt zur Lösung. Wie es dabei zugeht, ist nicht allein durch den unerfreulichen Unterschied gegenüber Nuevas Versuchen bemerkenswert. (18. 3.) Das Brett von 38 cm² wird benutzt, es liegt ein wenig weiter vom Gitter entfernt (55 cm). — Sultan zieht die Banane auf sich zu (0°) und bemüht sich, sie über den Rand zu heben; da sie aber hier gerade wegen der Vertikalwand ganz unerreichbar für die Stockspitze wird, so legt der Beobachter sie an den ursprünglichen Ort zurück; Sultan bewegt sie nun seitlich (etwa 90°) an die Wand, beginnt, als das Ziel diese erreicht hat, mit der Stockspitze zu heben und befördert es wirklich hinaus, so daß es auf freiem Grunde leicht heranzuziehen ist. Der kleine vertikale Umweg (6 cm) über den Rand scheint sich ganz von selbst zu ergeben; sobald die Frucht an der Wand liegt, setzen statt der schiebenden Bewegungen deutlich hebende ein.

Bisher ist die Aktionsrichtung nach der offenen Seite hin noch gar nicht vorgekommen. Ihr Auftreten wird durch einen Zufall veranlaßt, der ganz allgemein als starke Hilfe wirkt. — (Neues Ziel.) Unter den hastigen Bewegungen, die Sultan in diesem Versuch sehr unvorteilhaft von Nueva unterscheiden und durch viele vergebliche Bemühungen nur immer fahriger werden, springt die elastische Frucht vom Brett ein wenig in die Höhe und rollt niederfallend ein Stück in Richtung der offenen Seite fort: sogleich ändert Sultan sein Verfahren, schiebt das Ziel weiter schräg hinaus und zieht es dann im Bogen zu sich heran. — Ganz dasselbe geschieht bei der nächsten Wiederholung, und zwar arbeitet das Tier zunächst wie völlig

[1] Wenn ich nicht irre, rührt der Versuch von Mach her.

unbelehrt in Richtungen zwischen 0° und 90°, bis zufällig bei starkem Druck des Stockes die Banane unter ihm fort und eine Strecke auf den offenen Rand zuschnellt: In demselben Augenblick wechselt auch Sultan sein Verfahren wieder und löst die Aufgabe klar. Allerdings ist sie nun auch dadurch leichter geworden, daß nach der zufälligen Annäherung des Zieles an den Rand die Umwegkurve nicht mehr unter etwa 180° einzusetzen braucht, einer Richtung, die sich in den Versuchen der übrigen Tiere als besonders schwierig erweist (vgl. unten).

(19. 3.) Um die Zufallshilfen zu erschweren, ersetzen wir das kleine Brett durch das von 50 cm^2, aber der Verlauf bleibt der gleiche: Sultan versucht, das Ziel seitlich über den Rand zu heben, es springt mehrfach, und als es schließlich einmal bis nahe an die offene Seite fortrollt, geht er abrupt zur richtigen Bewegung über, bringt auch ohne Störung das Ziel durch die Umwegkurve in seinen Besitz. — Bei Wiederholung schlägt er trotzdem noch einmal den Weg zur Seitenkante ein, die Banane springt zwar diesmal nicht bis in die Nähe des offenen Randes, aber doch bis in die Brettmitte zurück, und diese Bewegung scheint geradezu suggestiv zu wirken: Plötzlich arbeitet Sultan unter 180° usw. in vollkommen klarer Lösung. — Im dritten Versuch des Tages endlich bedarf es der Zufallshilfe nicht mehr, und von vornherein wird das Ziel ohne Fehler vom Brett fortgestoßen, dann im Bogen herangezogen.

Nach einer Pause von zwei Monaten (16. 5.) tritt im ersten Augenblick die primitive Richtung (0°), dann scharf abgesetzt die richtige Lösung in fehlerloser Kurve auf.

Wie die Lösung zuletzt vor sich geht, und wie die Zufallshilfen vorher jedesmal benutzt werden, muß ich die Leistung in ihrem Endzustand für einsichtig halten, wennschon es als ganz auffällig wirken muß, daß die Zufallshilfe dreimal das Tier zur vollständigen Lösung veranlassen kann, ohne daß es sie beim jedesmal folgenden Versuch von selbst vorbringen könnte, ja auch nur andeutete. Das erscheint nur möglich, wenn sozusagen eine starke Kraft der Lösung entgegenwirkt, oder genauer gesagt, den Anfang der Lösung (Richtung 180°) schlechterdings nicht aufkommen läßt. Diese zweite Ausdrucksweise ist deshalb besser angebracht, weil ja nur der Beginn in der schweren Richtung durch den Zufall vorgeführt zu werden braucht, so entsteht augenblicklich die ganze Umwegkurve für Sultan. (Das letztere folgt unmittelbar daraus, daß diese Kurve in jedem Fall

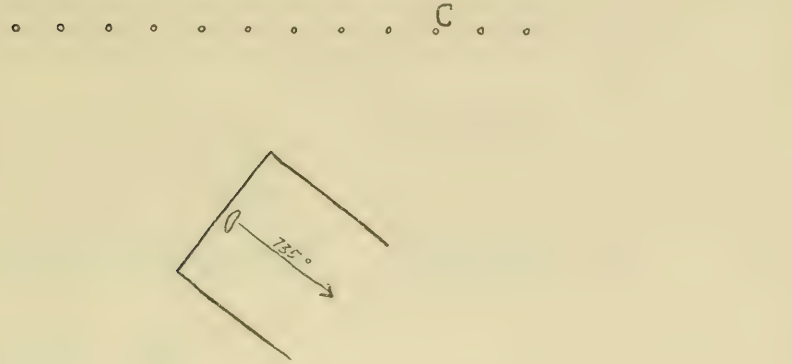
auch räumlich so »rund« wie möglich verläuft; noch auf dem Brett bekommt das Ziel nahe der Öffnung die schräg seitliche Bewegungskomponente, welche der weiteren Fortsetzung der Kurve auf freiem Boden, dem »Herumziehen«, entspricht. Über die Natur der Zufallshilfe wären mehrere Annahmen möglich, deren experimentelle Prüfung noch aussteht: Entweder ist es die Nähe des Zieles an der offenen Seite, und zwar nach dem Sprung, welche das Auftreten der Lösung veranlaßt, oder aber die Dynamik dieses Sprunges in der schwierigen Richtung des Kurvenanfanges ist das Entscheidende, oder endlich, es wirkt beides zusammen. Dies letzte halte ich für richtig; nach allen sonstigen Erfahrungen an Tieren und Menschen ist jedoch das wahrscheinlichste, daß die Bewegung selbst mit dem ihr inhärierenden Richtungsfaktor die Hauptkraft darstellt.

Man kann weiter fragen, inwiefern denn dergleichen die vollständige Lösungskurve hervorbringen könne. Hier sind wieder zwei Antworten möglich: Entweder läßt sich ein Assoziationszusammenhang denken, der, im Tier schon vorher bestehend, unter der reproduzierenden Kraft der zufälligen Hilfsbewegung die Gesamtkurve wachruft — oder aber, es gibt sozusagen »autochthone« Möglichkeiten dafür im Tier, daß gegenüber der neuen Totalsituation »Richtungshilfe in der gegebenen Feldstruktur« eine Lösungskurve sich plötzlich ausbildet, deren Entstehung in der ursprünglichen, ruhenden Situation allein durch starke Gegenkräfte durchaus verhindert wird. Die letztere Annahme würde für alle Fälle von klaren Lösungen ohne Hilfe (also z. B. für das Verhalten Nuevas im gleichen Versuch) die Hypothese in sich schließen, daß die Richtungen, Kurven usw. dieser Lösungen autochthon (nicht notwendig »aus Erfahrung hierüber«) angesichts der ruhenden Situation entspringen könnten. Nach dem vorgezeichneten Plan dieser Schrift lasse ich die Wahl offen.

Die zahlreichen Versuche mit andern Tieren brauchen nicht so ausführlich wiedergegeben zu werden, da sie von den beschriebenen nur darin abweichen, daß die Schwierigkeit der verlangten Leistung noch auffallender hervortritt. Dieser Umstand kommt auch in einer kürzeren Übersicht und in ihr vielleicht besonders deutlich zum Ausdruck.

Chica.

(18. 3. und 20. 3.) Normalstellung des Brettes	Als Aktionsrichtung wird 0° durchaus festgehalten.
(18. 3.) Das Brett wird so gedreht, wie die Skizze angibt	Chica verfährt so heftig, daß das Ziel federt und der Öffnung zuspringt; sofort tritt die klare Lösung auf.
	Bei Wiederholung des Versuchs erfolgt die Lösung erst auf die gleiche Hilfe hin.



(20. 3.) Gleiche Stellung

Aktionsrichtung zu Anfang 0°; auf Fortspringen der Banane folgt sofort klare Lösung. In zwei Wiederholungen klare Lösung von vornherein (vgl. jedoch unten).

Zwei Monate später (16. 5.) Normalstellung

Aktionsrichtung 0°, das Ziel wird wirklich über den Rand gehoben.

Bei Wiederholung erhält sich 0° selbst gegen starke Zufallshilfen; sogar fast vom offenen Rand wird das Ziel unter 0° zurückgeholt. Plötzlich aber tritt ganz scharf abgesetzt die Lösung auf (180° usw.).

In zwei weiteren Versuchen wird von vornherein die Umwegkurve richtig eingeschlagen; dabei kommt es jedoch mehrfach zu dem von Nueva her bekannten »Umschlagen« (durchaus nicht Herumprobieren). In einer letzten Wiederholung fällt auch diese Störung fort.

In den Versuchen vom 20. 3. verschafft sich Chica eine recht charakteristische Hilfe: sie arbeitet nicht mehr wie sonst vom Boden aus, sondern setzt sich auf einen Querbalken

des Gitters in etwa 70 cm Höhe und nicht mitten vor die Anordnung, sondern an den Punkt C (der Skizze). — Man versteht anschaulich sofort, wie das Umwegverfahren hierdurch erleichtert wird, nicht nur motorisch.

Grande.

(18. 3. und 14. 5.) Normalstellung	Die Aktionsrichtung ist 0° und hält sich auch gegen Zufallshilfen. Grande prügelt das Brett vor Wut.
(14. 5.) Vierteldrehung links	Grande bleibt bei der primitiven Richtung.
Weitere Vierteldrehung (Öffnung seitwärts)	Die Aufgabe wird sofort gelöst unter 90°.
Vierteldrehung rückwärts	Auch diese Aufgabe wird jetzt vollkommen klar gelöst (Richtung 135°).
Normalstellung	Von vornherein 180° und fehlerfreie Lösung.
Einen Monat später (18. 6.) Normalstellung	Klare Lösung vom ersten Augenblick an.

Grande versucht bisweilen, das Verfahren dadurch abzukürzen, daß sie mit Stock oder freier Hand das ganze Brett ans Gitter zieht. — Die Richtung 90° tritt bei diesem Tier zum erstenmal auf, als das Brett unter rechtem Winkel seitwärts gedreht liegt, unter diesen Umständen aber sofort. Daß die Lösung auf die beiden schwereren Stellungen danach ohne weiteres übertragen wird, obwohl diese ja einen veränderten Bewegungsmodus verlangen, daß dieser Änderung Rechnung getragen wird, erweist die Wirkung »sachlicher Bezüge«. — An den Versuch (14. 5.) in Normalstellung wurde ein weiterer unter Vierteldrehung des Brettes nach rechts angeschlossen; sogleich erfolgte die Lösung, sachgemäß mit der Umwegkurve rechts herum (rechts und links hier überall vom Tier aus gerechnet).

Tercera.

(18. 3., 20. 3., 18. 6.) Normalstellung	Die Aktionsrichtung ist konstant 0°, trotzdem Zufallshilfen vorkommen.
(20. 3. und 18. 6.) Vierteldrehung links	Ungeschickte Bewegungen unter 0°, selbst gegen Hilfen; das Tier sieht dumm und faul im Extrem aus[1].
(18. 6.) Weitere Vierteldrehung links (Öffnung seitwärts)	Sofort tritt die Lösung unter 90° vollkommen klar auf.

[1] So im Gegensatz zu Rana, die dumm und eifrig zu sein pflegt.

(18. 6.) Vierteldrehung rückwärts — Tercera beginnt unter 0°, kommt durch Zufallshilfe sofort auf die Lösung (Beginn etwa 135°). In zwei Wiederholungen wird von Anfang an deutlich die Umwegkurve eingeschlagen.

Bei Tercera, die sonst sehr lebhaft ist, aber sofort in eine Art Schlummer verfällt, wenn sie Versuche machen soll, sieht man einen ganz auffallenden Gegensatz zwischen den Stockbewegungen vor Eintritt der Lösung und nach dem kritischen Moment (z. B. nach der Zufallshilfe): vorher ein recht unklares Fuchteln, werden die Bewegungen klar in demselben Augenblick, wo auch die Lösungsrichtung aufkommt; ungeschickt arbeitet Tercera immer.

Tschego.

(20. 3.) Normalstellung — Aktionsrichtung 0° ohne jede Abweichung.

Vierteldrehung links — Die Richtung bleibt lange Zeit 0°, bis Tschego am Ende in größter Wut den Stock auf dem Brett in Splitter schlägt.

Weitere Vierteldrehung links (Öffnung seitwärts) — Tschego bleibt eine Weile bei 0°, und geht dann ganz plötzlich zu klarer und sorgfältiger Lösung über (also mit 90° beginnend).

Bei Wiederholung ist die Richtung wieder zuerst 0°, schlägt abrupt in die Lösung um.

Bei den Lösungen Tschegos kommt es zu einer bemerkenswerten motorischen Erscheinung: Als das Ziel schon fast an der Öffnung liegt, nimmt das Tier den Stock aus der rechten in die linke Hand, vermutlich wegen Ermüdung, und macht nun einen Augenblick wie selbstverständlich mit der linken Hand die zu den bisherigen symmetrischen Bewegungen, also unter 90° nach rechts hin, so daß die Banane einige Zentimeter zurück in das Quadrat verschoben wird. Dieser Fehler wird zwar sofort korrigiert, tritt aber dann bei jedem Wechsel von der rechten zur linken Hand momentan angedeutet von neuem auf. — Diese Erscheinung hat nicht mit der an Chica und Nueva beobachteten eines Umschlagens aus der neuen in die biologisch primäre Richtung zu tun, sondern dürfte auf jener Koordination der motorischen Funktionen beider Arme beruhen, die auch bei uns vielfach symmetrische Übertragung von einer Körperseite auf die andere vor der gleichsinnigen bevorzugt.

Rana.

(19. 6.) Normalstellung	Arbeitet konstant unter 0°.
Vierteldrehung links	Bleibt bei 0° ohne jede Abweichung.
Weitere Vierteldrehung links (Öffnung seitwärts)	Rana bleibt immer noch eine Weile bei 0°, geht aber nachher doch zur Lösung über. — Bei einer ersten Wiederholung ergibt sich derselbe Verlauf, also Beginn mit 0° und später Übergang zu 90°; bei der zweiten Wiederholung bleibt Rana hartnäckig in der primitiven Richtung und kommt von ihr auch nicht ab, als das Ziel ganz nahe an die Öffnung gelegt wird!

Diese Ergebnisse beweisen klar genug, daß die hier verlangte Leistung unvergleichlich schwieriger ist, als ein gewöhnliches Umwegemachen. Brächten wir irgendeinen der Schimpansen in einen Raum von quadratischem Grundriß, der bis auf eine Vertikalwand vergittert ist, aber im übrigen sich zu dem Körper des Schimpansen an Größe verhält wie das Umwegbrett zur Banane, und stände das Tier zunächst an dem Platz gegenüber *Z* (vgl. Skizze S. 14), so würde es vielleicht einen Augenblick durch das Gitter hinauszugreifen suchen, aber ganz gewiß auch sehr bald den Umweg unter 180° Anfangsrichtung in glattem Verlauf einschlagen, also in »Normalstellung« die Lösung vorbringen, ohne daß wir einem der Tiere (wie soeben der Mehrzahl) durch Viertel- und Halbdrehungen des Käfigs die Aufgabe erleichtern müßten. Selbst ein ordentlicher Hund leistet ja, wie wir gesehen haben (vgl. oben S. 12), ohne weiteres dasselbe in einer ihm unbekannten, ad hoc hergestellten Umwegsituation. — Der fundamentale Unterschied, der hier zutage tritt, kann trotz der Einfachheit des Versuchs noch durch verschiedene Faktoren begründet werden: Zunächst könnte (vgl. oben) vor allem das Umwegemachen mit einem Werkzeug anstatt mit dem eigenen Körper soviel schwerer sein; ferner aber könnte die Schwierigkeit mit dem Umstand zusammenhängen, daß der Umweg nicht vom Standpunkt des Tieres aus zu einem Ziel, sondern umgekehrt von dem ursprünglichen Ort eines Zieles zum Tier hin gemacht werden muß. Zur Entscheidung der theoretisch wichtigen Frage, welchem Moment die

größere Bedeutung zukomme — denn beide wirken wohl zusammen —, wären Umwege mit dem Werkzeug (Stock) vom Tier aus nach einem Ziel hin zu verlangen.

Vollkommen deutlich ist die Erleichterung, die durch seitliche Drehung des Brettes bewirkt wird; schon unter 135° wird die Umwegkurve etwas leichter eingeschlagen (Chica), und sobald die geforderte Bewegung mit etwa 90° einzusetzen hat, kommen sämtliche Tiere früher oder später einmal plötzlich auf die Lösung. Es wird sehr genau zu überlegen sein, welche Erklärung man dieser Abhängigkeit von der »Situationsgeometrie« geben will (vgl. hierzu auch oben S. 14, 29 f.). Hierin stimmen die eben beschriebenen Umwege mit gewöhnlichen (in Körperbewegung) überein: Man muß nur anstatt der Schimpansen Hühner als Versuchstiere nehmen, so zeigt sich, daß für sie die Umwege, die in Richtung 180° vom Ziel fort beginnen, in echtem Verlauf geradezu unmöglich sind, und daß mit der Annäherung an 90° die Leistung eher einmal zustande kommt[1]. — Dem menschlichen Zuschauer ist von vornherein klar, daß der Brettversuch unter 135° etwas, unter 90° sehr viel leichter gelingen muß als unter 180° Anfangsrichtung; und diesmal gibt ihm die Erfahrung recht. Worin der Unterschied besteht, wird er nicht so leicht sagen können; vielleicht dürfte er die Umwegkurven in verschiedenem Grade »glatt, direkt« finden. Aber was heißt das psychologisch und inwiefern bestimmt es die verschiedenen Grade von Schwierigkeit?

Die auffallendste Erscheinung bleibt auch in diesen Versuchen das plötzliche Auftreten von Lösungen durchaus klaren, in sich geschlossenen Charakters, wenn eine einzige Zufallsbewegung das Ziel einmal in Richtung des Kurvenanfangs ein Stück transportiert; es ist dann, als wenn, wenigstens vorübergehend und für den betreffenden Versuch, ein Bann gebrochen wäre. Nur etwas törichte Tiere lassen sich auch so niemals helfen.

Ich denke, niemand wird geneigt sein, das überaus häufige Auftreten eines günstig wirkenden Zufalls in diesen Versuchen gegen die Betrachtungen des vorigen Kapitels auszuspielen. Tatsächlich ist dies der erste Fall unter den beschriebenen Beobachtungen, wo dergleichen vorkommt, und leicht genug sieht man, daß die Bewegung, die vom Tier aus als Zufall zu gelten hat, physikalisch so häufig vorkommen muß (während in anderen Versuchen so einseitig begünstigende Bedingungen nicht vorliegen): Das Fortspringen der Frucht tritt ein, erstens, wenn das Tier bemüht ist, sie über eine Kante zu heben; fällt sie dabei, wie meistens, von dem schmalen Stab herab, so ist ihre Fallrichtung naturgemäß die vom

[1] Die seitliche Ausdehnung des Hindernisses darf bei Hühnern (90°) stets nur gering sein.

Tier fort, weil der Stab von der Hand des Tieres her schräg nach unten läuft. Das Fortspringen der Frucht ergibt sich zweitens, wenn das Tier, anstatt den Stock hinter dem Ziel ganz zur Erde zu setzen, ihn in Eile nur von oben darüberlegt, etwas drückt und nun zieht; das Brett ist (im Gegensatz zum Erdboden) glatt, und bei etwas ungeschicktem oder infolge von Erregung zu starkem Druck gleitet der Stock nach vorn ab, die Frucht muß fortspringen.

Wer die Versuchsbeschreibungen aufmerksam durchliest, wird erkennen, daß die Leistungen der einzelnen Tiere in der hier gewählten Reihenfolge abnehmen. (Grande steht deutlich besser da als Tercera durch die Leichtigkeit, mit der sie beim Zurückdrehen des Brettes die Lösung vorbringt.) In dieselbe Reihenfolge: Nueva, Sultan, Chica, Grande, Tercera, Tschego, Rana ordnen sich die Tiere ganz ohne Rücksicht auf diese speziellen Versuche ein, wenn man die Intelligenzabstufung nach ihrem gesamten Gebaren und dem Charakter ihrer sonstigen Leistungen bestimmt. Ich bemerkte erst bei der Niederschrift dieses Abschnittes, daß das Examen mit dem Umwegbrett den Tieren »Klassenplätze« anweist, die ich ihnen vorher längst zugedacht hatte. (Für Tercera wählte ich bisher den Platz zwischen Grande und Tschego mit etwas Unsicherheit, da sie so selten zur ernsthaften Bemühung im Versuch zu bringen ist; aber das Umwegbrett wenigstens gibt mir Recht.)

Koko ist nicht in die Reihe aufgenommen, da die Schwäche seiner Arme ihn sehr bei der Führung des Stockes im Brettversuch behinderte und deshalb die unsicheren Bewegungen schwerer zu beurteilen waren. Unzweifelhaft aber arbeitete er zunächst unter o° wie alle die andern, einmal sprang auch ihm das Ziel der Öffnung zu, und er bemühte sich darauf ohne rechten Erfolg, es weiter in der Lösungsrichtung zu befördern. Danach wäre er etwa Sultan gleichzustellen, und dessen Niveau (wie Charakter) kam er wohl auch sonst nahe. Konsul wurde nicht geprüft.

In methodischer Hinsicht ergibt sich, daß man in manchen Fällen über die einsichtige Behandlung von anschaulich gegebenen Situationen in einer Art experimentieren kann, die eine gewisse Annäherung an die Arbeitsart der höheren Sinnespsychologie bedeutet (Sehen von Raumgestalten, Sehen von Bewegung u. dgl.). Diese Schrift enthält hiervon nur schwache Anfänge, da erst die Tiere durch ihr Verhalten auf solche Möglichkeiten allmählich aufmerksam machten[1].

[1] In Zukunft wird es sich empfehlen, von dem Umwegbrett nur die Vertikalwände ohne die Holzfläche zu verwenden; vielleicht kommt die Umwegkurve leichter auf freiem Grund als über Holz und Grund zustande: auch die harte Kontur Holzbrett-Grund könnte erschwerend wirken.

Zum Vergleich teile ich einen Versuch mit, in welchem ein Knabe, zwei Jahre und einen Monat alt, genau wie die Schimpansen geprüft wurde. Das Kind kann als mittelbegabt bezeichnet werden. — Es steht in einem vergitterten Raum, wie er vielfach für kleine Kinder verwendet wird; die Wände sind so niedrig, daß sie ihm nur bis an die Brust reichen. Innerhalb liegt ein leichter Stab, außerhalb außer Reichweite das Ziel. Nach kurzer Zeit wird der Stab wie selbstverständlich aufgenommen und das Ziel mit seiner Hilfe herangezogen. Die Geschicklichkeit, mit der dies geschieht, ist deutlich geringer als die des doppelt so alten Sultan, aber größer als die von Rana und Tercera, die mit Sultan ganz ungefähr gleichaltrig sein mögen. — Wie immer der Werkzeuggebrauch entstanden sein mag, er ist tatsächlich vorhanden. —

Am gleichen Tage noch wird der Brettversuch gemacht, und zwar in Normalstellung. — Das Kind ergreift sofort den Stock wieder, verfährt aber so ungeschickt, daß ihm das Werkzeug noch vor Gebrauch aus der Hand fällt. Es setzt ein Bein zwischen den Gitterstäben hinaus auf den Stock, zieht ihn so näher, nimmt ihn aber dann nicht herein, vielleicht weil ihm nicht klar ist, wie der querliegende Stock durch das Gitter hindurch zu bringen wäre. Statt dessen schlägt es mit seinem Gürtel, der niedergefallen ist, nach dem Stock, steht darauf eine Weile traurig da und gibt allmählich dem Beobachter zu verstehen, daß es nach dem Stabe verlangt. Dieser wird ihm gereicht. Der Knabe nimmt ihn, zieht mit ihm das Ziel in Richtung 0° gerade auf sich zu, verharrt hierbei längere Zeit, obwohl das Ziel an die Vertikalwand stößt, und geht schließlich zu der Richtung (von ihm aus) links in die Ecke (etwa 45°) über — der Beobachter hatte es inzwischen wieder an seinen alten Platz gelegt. Nach langen erfolglosen Bemühungen stellt das Kind die Arbeit ein; es nimmt den Stock und wirft ihn auf das Ziel, dann den Gürtel, und auch dieser fliegt hinaus; wären gerade noch mehr handliche Gegenstände da, so würden sie sicherlich desselben Weges gehen — genau wie beim Schimpansen (vgl. S. 71 f.). — Daß das Kind in eigener Körperbewegung ohne Mühe Umwege macht, wurde gleich danach festgestellt; ein noch weit jüngeres war ja schon früher mit Erfolg in dieser Hinsicht geprüft worden (vgl. oben S. 13).

Die Forderung, beim Umgang mit Dingen von der direkten Aktionsrichtung abzuweichen und dafür die Handlungsrichtung (oder -kurve) an vorliegende Raumformen anzupassen, läßt sich in vielen äußerlich verschiedenen Aufgaben prüfen. Ich gebe noch ein Beispiel, in welchem vor allem die Raumgestalten, auf welche Rücksicht zu nehmen ist, einen andern Charakter haben.

In der Einleitung wurde ein Versuch beschrieben, in welchem das Tier nur einen Ring (eine Schleife) von einem Aststumpf (einem Nagel) abzustreifen hätte, so würde schon das Ziel zu Boden fallen und hier sofort zu erreichen sein. In Wirklichkeit wurde der Ring (die Schleife) gar nicht beachtet, vielleicht weil der Zusammenhang von Ringbefestigung und sonstiger Situation nicht erfaßt war; das Tier kam gar nicht soweit, Interesse an der Befestigung finden zu können. Jetzt wird eine Situation hergestellt,

in der sich das Tier voraussichtlich sogleich bemühen muß, eine derartige Verbindung zu lösen.

Jenseits eines Gitters liegt außer Reichweite das Ziel. An einem Stabe, mit dem die Tiere das Ziel erreichen könnten, ist eine starke Schnur befestigt; ihr freies Ende trägt einen Metallring von etwa 6 cm Durchmesser, und dieser Ring liegt über einen Nagel gestreift, welcher 10 cm vertikal aus einer schweren Kiste heraussteht. Bei gespannter Schnur reicht der Stab nicht einmal bis ans Gitter, muß also für den Gebrauch notwendig abgenommen werden, und zwar mit einer Bewegung, die unter 90° von der primitiven Aktionsrichtung »Stock direkt ans Gitter« abweicht. Diese Bewegung wird »echt« nur dann zustande kommen, wenn die Tiere die Struktur »Ring über Nagel gestreift« zu erfassen vermögen. Wer noch nicht gesehen hat, wie Schimpansen mit etwas komplexen Raumformen umgehen, kann meinen, leichtere Anforderungen ließen sich gar nicht stellen.

(21. 2. 14.) Sultan reißt am Stock in Richtung des Gitters (und Zieles), kaut und nagt am Strick dort, wo dieser am Stabe befestigt ist, beachtet die Verbindung Ring–Nagel überhaupt erst nach geraumer Weile und hebt jetzt nicht etwa den weit offnen Ring die wenigen Zentimeter in die Höhe, sondern versucht den Nagel abzureißen oder umzubrechen. Die Lösung ist schließlich, daß der Stab selbst etwas oberhalb der Mitte mit großer Anstrengung durchgebrochen und mit dem freien Stück das Ziel erreicht wird!

Bei Wiederholung des Versuches mit einem neuen Stock wird Sultan auf die Bewegungen aufmerksam, die (beim Zerren nach dem Gitter hin) der Ring am Nagel macht; er greift wie prüfend an den Ring und hebt ihn dann in ruhiger, klarer Bewegung ab. — Beim nächsten Versuch muß er doch erst wieder auf das Gitter hinzerren, ehe er sich dem Ring zuwendet und diesen, übrigens wieder in sicherer Bewegung, abstreift.

Grande, Chica, Rana und Tercera zerren zuerst am Stock und bemühen sich dann fortwährend, die Verbindung Seil–Stab zu lösen; bei ihren ungeduldigen Bewegungen verschiebt sich der Ring am Nagel, und es kommt sogar vor, daß er dann abgleitet; aber die Tiere merken das gar nicht in ihrem Eifer, den Stock vom Seil zu lösen, und der Ring kann immer wieder heimlich über den Nagel gelegt werden. Dabei kommt es zu folgendem Extrem: Rana zerrt den Ring zufällig vom Nagel und sitzt nun, immer noch die Verbindung des Stabes mit dem Seil betrachtend,

dicht am Gitter, wird aber gar nicht gewahr, daß jetzt der Stock verwendungsbereit ist; der Beobachter legt wieder heimlich den Ring über den Nagel, und gleich danach zerrt Rana von neuem auf das Gitter zu. Als sich derselbe Zufall noch einmal wiederholt und das Seil mit dem Ring frei in der Luft hängt, wird das Tier doch erst nach einer Weile darüber klar, daß der Stock nun frei beweglich und die Verbindung zwischen ihm und dem Seil weiter nicht von Belang ist. Zu einer echten Lösung bringen die genannten Tiere es bei dieser Aufgabe vorläufig nicht.

Da die Schimpansen nur eben den Stock haben wollen und schon der nächste Teil des Ganzen, das Seil, sich als dünn und biegsam zum Zerreißen oder Zerkauen gleichsam empfiehlt, so ist an ihm die Aufmerksamkeit der Tiere in überraschendem Maße hängengeblieben; Bemühungen, in dieser Hinsicht Hilfen zu geben, blieben ohne Erfolg. Deshalb wurde in späteren Versuchen die Seilverbindung ausgeschaltet, der Ring also auf das Stockende genagelt, aber so, daß der größere Teil der Öffnung frei über das Holz hinausragte; um Zufallslösungen zu erschweren, ersetzte ich den Nagel des früheren Versuches durch einen Eisenstab, der etwa 35 cm vertikal aus einer schweren Kiste herausstand.

(10. 5.) Rana zerrt in der Richtung zum Ziel an dem Stock und kümmert sich auch jetzt noch nicht um den Ring; da der Stock nicht losgeht, kippt sie schließlich die ganze Kiste mit größter Mühe nach dem Gitter zu um; der Stab fällt dabei ab. — Der Beobachter hat den Eindruck, daß an Stelle des Ringes um die Eisenstange fast beliebige andere Formen von gleicher Totalgröße gebracht werden könnten; das würde für Rana nicht viel ausmachen: so wenig fällt es ihr ein, auch nur einmal hinzusehen.

(14. 5.) Rana zerrt diesmal so stark in Richtung des Zieles, daß die Eisenstange in der Kiste sich etwas schräg legt und der Ring abgleitet; das Tier dürfte kaum wissen, weshalb der Stock mit einem Male frei in seiner Hand ist. — Beim nächsten Mal gibt das Eisen nicht nach, als Rana zieht; sie sieht sich daraufhin die kritische Stelle an, schiebt wirklich den Ring ein Stück nach oben, beginnt aber gleich danach horizontal zu ziehen wie vorher; dies plumpe Verfahren wird so lange und so kräftig angewendet, daß schließlich die Nägel, die den Ring am Stabe festhalten, sich aufbiegen und damit den Stab freigeben. [Wenn man sich in solchen Situationen töricht benimmt, so muß man das mit manchem Meterkilogramm Arbeit bezahlen: die hier verwandten Nägel waren sehr

stark. Dagegen würde das Abheben des Ringes mit dem Stabe einen minimalen Arbeitsbetrag darstellen, und man sieht schon an diesem kleinen Beispiel, welche fundamentale Bedeutung es für eine technische Betrachtung des Organismus hat, in welchem Grade der Umgang mit Dingen von klar erfaßten Raumstrukturen aus einsichtig bestimmt wird. Ganz abgesehen von aller Psychologie hat jeder Techniker das größte Interesse daran, aufgeklärt zu sehen, welche Einrichtungen und Prozeßarten eines Organismus (also für den Techniker: materiellen Systems) physikalisch so tiefgreifende Unterschiede bedingen.] — Im folgenden Versuch zerrt Rana überraschenderweise gar nicht am Stock, sondern hebt den Ring ohne weiteres über das Eisen nach oben ab, so daß man meinen sollte, es handle sich um ein verstehendes Verfahren; der Versuch wird sogleich wiederholt, und Rana zieht wieder ganz primitiv seitwärts. In zwei weiteren Fällen folgt auf horizontales Zerren zu Beginn jedesmal schnelles und sicheres Abheben des Ringes.

(11. 5.) Grande wird in der gleichen Situation geprüft. Sie reißt in der Zielrichtung am Stock, ohne die Befestigungsstelle eines Blickes zu würdigen, und kümmert sich dann eine Weile nicht mehr um die Aufgabe. Als andere Tiere draußen gefüttert werden, greift sie von neuem zu, sieht aber diesmal im Moment des ersten Zerrens (wohl zufällig) auf den Ring hin, so daß ihr eine kleine Aufwärtsbewegung (vielleicht 5 cm) nicht entgeht; diese wirkt sofort wie die Zufallshilfe im Brettversuch: Grande tritt heran und hebt mit einer einzigen glatten Bewegung nach oben Ring und Stock ab.

(12. 5.) Chica bringt in zwei Versuchen hintereinander sofort die Lösung vor.

Danach sollte man meinen, die Tiere würden für die Zukunft das einfache Verfahren als gesicherten Besitz beibehalten, und wäre der Ring, der über einen Eisenstab (Nagel) gestreift ist, eine optische Gegebenheit von so einfacher, grober Struktur wie »eine Kiste in der Nähe einer zu überwindenden Vertikaldistanz«, so müßten wohl die Tiere von nun an wirklich die Ringbefestigung klar lösen. Das ist jedoch durchaus nicht immer der Fall. Sultan will (19. 5.) eine solche Verbindung (Ring–Nagel) lösen, wirtschaftet aber planlos an ihr herum und reißt schließlich in einer gewaltsamen Bewegung, die gar nicht auf die Natur der Befestigung Rücksicht nimmt und nur durch ihre rohe Kraft Erfolg hat, den Ring

herunter. In weiteren Versuchen habe ich dasselbe Tier mitunter den Ring (oder ebenso Seilschleifen) von Nägeln, Stangen, Aststümpfen mit aller möglichen Klarheit abheben, mindestens ebensooft aber auch vollkommen blind an solchen Verbindungen herumreißen sehen. — Grande bringt es später einmal eher zu der Lösung, den Eisenstab, über den der Ring gestreift ist, mit großer Mühe aus seinen Befestigungen herauszuziehen, als zu der schon bekannten und anscheinend so einfachen, den Ring abzuheben. Der Eisenstab wird dann an Stelle des hölzernen Stockes gebraucht, ein anderes Mal aber, wo sie wieder das Eisen herausbricht, geschieht das deutlich nur, um den Holzstab freizumachen; und dabei ist durch einen Zufall der Ring schon so weit am Eisen hinaufgerutscht und hier irgendwie geblieben, daß ein ganz geringes Heben die Lösung bedeuten würde. (19. 5.)

Die hier behandelte Frage würde nicht besser beantwortet, wollte man in immer weiteren Versuchen zu erreichen suchen, daß schließlich die kleine Leistung stets auf klare Art vollbracht werde. Durch eine solche Übung würde ja sehr wahrscheinlich die gewünschte Regelmäßigkeit erzielt werden; aber für die Charakterisierung der Tiere erscheint es gerade als bezeichnend, wie sie so eine und dieselbe objektive Gegebenheit einmal blindlings, einmal vollkommen klar behandeln. Denn die nächstliegende Deutung ihres wechselnden Verhaltens dürfte darin bestehen, daß sie stets dann die Lösung klar vorbringen, wenn sie die Struktur der Verbindung klar erfassen, dagegen wüst an dieser herumreißen, wenn sie gerade diese Klarheit nicht erreichen können. Der Ring über dem Nagel (dem Stab) scheint für den Schimpansen einen optischen Komplex darzustellen, der eben noch vollständig »bewältigt« werden kann, falls die Aufmerksamkeitsbedingungen momentan günstig sind, der aber eine starke Neigung hat, in weniger klarer Weise gesehen zu werden, sobald nämlich das Tier es an geeigneter Anspannung von sich aus fehlen läßt. Wir kommen also schwierigeren Strukturen wie »aufgewundenes Seil«, »Zueinander von Kistenformen« usw. nahe, die selten einmal dem Tier sagen, welche Bewegungen es auszuführen hat. Daß die Tiere sich nicht alle Tage die Versuchssituationen gleichmäßig ruhig und aufmerksam anschauen, wird jeder, der solche Prüfungen vornimmt, nur zu bald bemerken. — Die Kleinheit der Raumformen, um die es sich hier handelt, könnte sehr wohl dazu beitragen, den Tieren die Arbeit des »Klärens« zu erschweren; nicht um-

sonst sind die bisher beschriebenen Versuche zumeist in Situationen angestellt, deren Teile nicht nur in einfachen, sondern auch in großen Formen zueinanderstehen.

Da vermutlich der behandelte Komplex leicht unklar bleibt, so kann es auch nicht schnell zu einer Mechanisierung kommen, die mit dem bloßen Hinblicken in Richtung des Komplexes schon die passende Bewegungskurve verbände; das wäre nur dann möglich, wenn zunächst die Struktur Ring–Nagel selbst durch gründliche Übung ein für allemal »fest«-gemacht und so die Reproduktionsbedingung für einen mechanischen Verlauf geschaffen würde. Solche Gestaltübung dürfte allerdings nach meinen Erfahrungen am Schimpansen möglich sein; aber wir haben hier kein Interesse an solchen Vorgängen.

Die mitgeteilten Beobachtungen zeigen zugleich, daß wir nunmehr das Gebiet verlassen haben, in welchem die Versuche einfache und entschiedene Antworten auf unsre Fragen geben. Es liegt nicht am Experimentieren[1], sondern an der Natur der Tiere, wenn die Ergebnisse allmählich geringere Klarheit aufweisen; weniger »klar« dürfte es eben auch in der Sehrinde der Tiere und in den sonst beteiligten Großhirnteilen zugehen, sobald die Versuchsbedingungen einen gewissen Grad von Komplizierung erreichen. Hätten wir nicht in optisch einfacheren Situationen die Schimpansen schon einigermaßen kennengelernt, so würden wir es schwer haben, zu ihrem Verhalten hier überhaupt Stellung zu nehmen. Und dabei fangen viele ältere Versuche an Säugetieren mit solchen Situationen als relativ einfachen an; dabei müssen die Ergebnisse vieldeutig oder bei fortschreitender Komplizierung einseitig negativ ausfallen, ohne daß doch über die prinzipielle Einsichtsfrage wirklich eine Entscheidung erzielt würde.

Variation des Versuches. In reichlich Mannshöhe ist eine 2 m lange Stange so an einer Hauswand befestigt, daß sie rechtwinklig von dieser fort in den freien Raum hinausragt; ein Henkelkörbchen, in dem sich das Ziel befindet, wird mit dem halbkreisförmigen Henkel so weit über die Stange gestreift, daß es etwa 1.20 m von dem freien Ende entfernt hängt. Etwas seitlich liegt am Boden ein langer Stock. (11. 8.) Sultan wird herbeigebracht; er sieht zum Korb hinauf, will am Hausgebälk in die Höhe steigen, wird aber hieran verhindert und bleibt, langsam ringsum blickend, in der Nähe am Boden hocken. Erst einige Sekunden, nachdem seine Augen sich auf den Stab neben ihm gerichtet haben, er-

[1] Allerdings bin ich sicher, daß jeder, der nun an ähnliche Aufgaben herangeht, Fehler vermeiden kann, die ich gemacht habe.

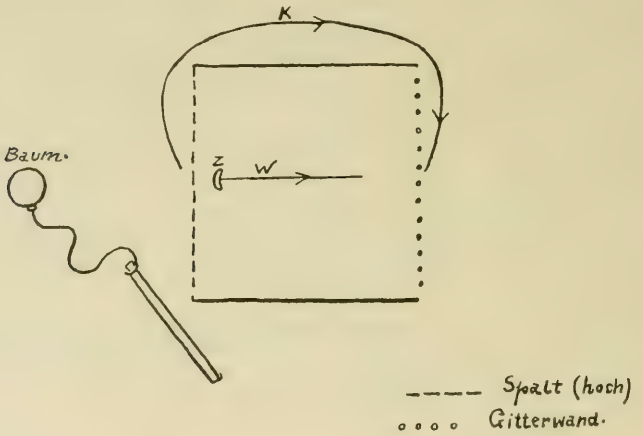
greift er ihn und langt mit ihm nach dem Korb hinauf: Zweimal schlägt er einfach in der Querrichtung, wie seine Stellung es gerade ergibt, blindlings hinauf, dann ändert er die Richtung plötzlich um 90° nach der richtigen Seite und schiebt in vorsichtiger Bewegung, sechsmal sorgfältig ansetzend, den Korb nach dem freien Ende hin, bis er herabfällt.

Grande schleppt in der gleichen Situation von weither eine Kiste herbei, stellt sie unter das Körbchen, steigt hinauf, kommt aber nicht an; sie holt den Stock, läßt ihn aber aus nicht ersichtlichen Gründen sogleich wieder fallen und eilt zu einer zweiten, etwa 15 m entfernten Kiste. Während sie damit beschäftigt ist, diese den weiten Weg entlang zu zerren, und nicht hersieht, wird die erste Kiste fortgenommen und versteckt. Gleich darauf kommt das Tier mit der zweiten an, stellt sie auf, besteigt sie und erreicht wieder nicht den Korb; es sieht sich nach allen Seiten mit dem Ausdruck des Erstaunens um und wendet sich endlich jammernd zum Beobachter. Ohne Hilfe gelassen, greift es wieder zum Stock und schiebt damit, von vornherein richtig und ohne unterwegs eine falsche Bewegung zu machen, den Korb über das freie Ende herunter. — Bei Wiederholung des Versuches wird dagegen für wenige Zentimeter der Weg nach der Hauswand eingeschlagen; dann dreht sich ganz abrupt die Bewegung um 180°, und Grande schiebt das Körbchen in einem Zuge die Stange entlang, bis es herabfällt.

Das Klagen inmitten des Versuches rührt nicht einfach davon her, daß das Tier nicht ankommt; denn das Umsehen vorher ist unzweifelhaft von Erstaunen begleitet, und das Jammern hat etwas entrüsteten Ton. Die andere Kiste wird vermißt, sobald das Bedürfnis nach einem zweiten Bauelement sich fühlbar macht.

Die zu Anfang dieses Abschnittes erwähnten Versuche enthalten außer dem Umwegemachen bei der Behandlung von Dingen noch ein anderes Prinzip: Das Ziel wird durch Werkzeuggebrauch in eine Lage gebracht, in der es nachher erst durch Ortsbewegung des eigenen Körpers erreicht werden kann. In dem oben beschriebenen Fall aber ist dies Verfahren für die Tiere sehr erleichtert dadurch, daß sie nachher nur eben einen oder zwei Schritte seitwärts zu machen brauchen und dabei an demselben Gitter bleiben, an dem sie zu Anfang mit dem Stock arbeiten; dies Gitter ist obendrein so gut bekannt, daß »nahe dem Gitter« (einerlei an welcher

Stelle) und »erreichbar«, »mir zugänglich« für die Tiere recht eng verbundene Momente sein dürften. Man kann die Versuchsbedingungen wesentlich verschärfen, indem man von dem Tiere verlangt, während des Werkzeuggebrauches eine bedeutendere Ortsbewegung des eigenen Körpers für später »in Rechnung zu ziehen«, so daß sie bei einer bestimmten Raumorientierung für eine ganz andere spätere arbeiten. Die Gesamtheit der »Verhaltenskurve« wird in einem solchen Fall aus zwei einander entgegenlaufenden Teilen gebildet, während die zuletzt betrachteten Versuche (z. B. mit dem Umwegbrett) dieselbe Gesamtkurve in einer einzigen, einsinnigen Bewegung bringen.



Ein großer hölzerner Tierkäfig ist auf einer Vertikalseite durch ein Gitter abgeschlossen, zwischen dessen Stäben die Tiere von außen hineingreifen können; der Kasten ist jedoch so groß, daß der Arm eines draußenstehenden jungen Schimpansen von diesem Gitter aus nicht das ganze Innere, sondern nur etwa die Hälfte beherrscht. Die dem Gitter gegenüberliegende Vertikalseite besteht aus horizontal aufgenagelten Brettern; von diesen wird eins entfernt, und zwar in solcher Höhe, daß die jungen Tiere zwar hineinsehen und hineinfassen, aber mit der Hand nicht den Boden des Käfigs erreichen können. Im übrigen ist der Kasten verschlossen; liegt eine Frucht nahe der Wand, aus der ein Brett entfernt wurde, auf

dem Boden, so würde der Schimpanse vom Gitter (gegenüber) aus mit einem Stock hineinlangen, da die (mit Steinen beschwerte) Kiste sich nicht kippen läßt. Sorgt man dafür, daß Stockgebrauch nur von der Seite des Spaltes aus möglich ist, so bleibt als einzige Lösung die, daß das Ziel vom Spalt aus dem Gitter zugeschoben wird, bis es von dort mit der Hand erreicht werden kann. Also entfernt man alle Stäbe aus der Umgegend bis auf einen, der, in der Nähe des Spaltes durch ein Seil befestigt, zwar ganz bequemes Arbeiten vom Spalt aus zuläßt, aber des Seiles wegen, welches an einen Baum gebunden ist, nicht hinüber an die Gitterseite genommen werden kann. (Die Skizze zeigt nur den Grundriß: *B* ist der Baum mit Seil und Stab daran; die unterbrochene Linie bedeutet die Spaltwand; gegenüber ist das Gitter angedeutet. Die Linien *W* und *K* geben die beiden einander entgegenlaufenden Teile der Gesamtkurve an, von denen der eine mit dem Werkzeug, der andere hinterdrein mit dem Körper zurückzulegen ist. Wie man sieht, müßte das Tier für eine spätere Körperstellung arbeiten, die der Stellung während des Werkzeuggebrauches gewissermaßen entgegengesetzt ist.)

(27. 3. 14.) Sultan ergreift den Stock, fährt damit in den Spalt hinein und versucht, das Ziel zu sich heranzuziehen, womöglich auch an der vertikalen Wand bis in Greifhöhe hinaufzuheben. Hin und wieder läuft er fort, sucht sich einen Strohhalm oder Ähnliches und langt damit von der Gitterseite nach dem Ziel, kommt aber nicht an. Nach einer Weile — das Tier ist wieder beim Stockgebrauch vom Spalt aus — ändert sich plötzlich die Bewegungsrichtung; das Ziel wird vom Spalt fort, aber nicht auf das Gitter, sondern auf eine Stelle hingeschoben, wo in der einen Seitenwand unten, etwa halbwegs zwischen Spalt- und Gitterwand eine kleine Lücke im Holz ist. Sultan geht sehr sorgfältig zu Werke, bringt mit dem Stock das Ziel genau vor die kleine Öffnung, läßt das Werkzeug dann fallen, geht außen herum an die entsprechende Stelle und bemüht sich sehr, mit den Fingern die Frucht herauszuklauben; aber die Lücke ist zu eng. Er tritt bald von neuem an den Spalt, ergreift wieder den Stab und verschiebt nun das Ziel in einer Weise, die ich nicht klar verstanden habe, wahrscheinlich aber immer noch in Rücksicht auf jene kleine Lücke und jedenfalls in deren Nähe. Dabei kommt das Ziel über die Mitte des Käfigbodens hinaus der Gitterseite noch etwas näher; Sultan läßt mit einem Male den Stock fallen, kommt herum auf die Gitterseite, greift mit

dem Arm hinein, soweit er kann, und erreicht wirklich das Ziel. — Der Eindruck, den der Beobachter von diesem Verhalten hat, ist nicht, daß Sultan unmittelbar vorher auf das Gitter zu gearbeitet hat und nun herumkommt, um den hierdurch ermöglichten Erfolg vollständig zu machen; es sieht vielmehr so aus, als stehe er nur wieder einmal von der Stockverwendung ab, um sein Heil vom Gitter aus zu versuchen, wie schon vorher mehrmals. Da der Lösungsversuch mit der Lücke in der Seitenwand im Grunde schon die verlangte Methode, wennschon in einer leichteren Modifikation, enthält, und der Mensch den eben beschriebenen, wahrscheinlich zufälligen Erfolg als eine starke Hilfe für das Tier empfindet, so kommt jetzt alles darauf an, was dieses bei einer Wiederholung des Versuches machen wird.

Ein neues Ziel kommt in die Anfangslage des ersten. Sultan ergreift den Stock und schiebt die Frucht sofort gerade auf das Gitter zu, ohne die Lücke an der Seite irgend mehr zu beachten. Unterwegs kommt es mehrmals zu Andeutungen des bei Chica und Nueva, aber bisher nicht bei Sultan beobachteten »Umschlagens« in die biologisch offenbar sehr starke 0°-Richtung[1], insofern der Stock zwischendurch fälschlich hinter dem Ziel aufgesetzt und eben für einen Augenblick die Zugbewegung gemacht wird; träte nicht sofort die Korrektur ein, so würde also das Ziel wieder auf Sultan zu zurückwandern; tatsächlich macht die Summierung der nacheinander auf diese Weise rückwärts gerichteten kleinen Verschiebungen nur wenige Zentimeter aus, da das Tier sich selbst sofort dabei ertappt. Den gesamten Weg macht sich Sultan unnütz weit, indem er die Länge seines Armes (nachher beim Hineingreifen) durchaus nicht »einrechnet«; er schiebt mit der größten Anstrengung das Ziel bis drüben an das Gitter, d. h. etwa einen Meter weit, und gibt sogar zuletzt noch mit dem hierfür etwas kurzen Stock der Frucht einen Stoß, so daß sie zwischen den Gitterstäben hinaus auf die Erde fällt. In demselben Augenblick springt er aber auch schon um den Käfig herum und holt das Ziel drüben ab. — Gerade die Abweichung von dem Verhalten beim vorausgehenden Zufallserfolg (wo er tief in die Kiste hineinlangte) erweist wohl, daß auf jene Hilfe hin eine echte Lösung der Aufgabe eingetreten ist.

[1] Daß es sich nur um Umschlagen in eine »gewohnte« Verwendungsart des Stockes handle, erscheint mir ausgeschlossen. Unter 90° schieben die Tiere das Ziel ohne jede Störung.

Bei Wiederholung des Versuches langt Sultan doch noch einmal mit Stroh von der Gitterseite aus nach dem Ziel, ehe er an den Spalt tritt und die Lösung vorbringt; diese verläuft ohne »Umschlag«, wieder aber wird die Armlänge nicht berücksichtigt, und das Tier strengt sich unnötig an, mit dem kurzen Stabe das Ziel bis ganz hinüber zu befördern. — Ein drittes Mal ist der Verlauf vollkommen klar; auch hört Sultan auf, zu schieben, als die Frucht noch ein gutes Stück vom Gitter entfernt ist, läßt den Stock fallen und läuft herum.

Auch Chica kommt (30. 3.) auf eine Zufallshilfe hin zur Lösung. Sie zieht zunächst unter 0° das Ziel auf sich zu, wie sie es aber an der Wand hinaufheben will, springt es hinunter und bis etwas über die Mitte des Käfigbodens von ihr fort. In demselben Augenblick läuft das Tier auch schon um den Kasten herum, langt in ihn durch das Gitter hinein und erreicht das Ziel.

Wie bei Sultan ist die Folge dieses Geschehens, daß im nächsten Versuch von Anfang an die Richtung auf das gegenüberliegende Gitter klar eingeschlagen wird: kein Zweifel, daß dies der Beginn der Lösung ist. Nun aber kommt es zu einem der merkwürdigsten Vorgänge, die ich jemals an den Tieren beobachtet habe. Schon beim Brettversuch war Chica häufig von der richtigen Bahn (180°) fort und für Momente in die primitive Richtung (0°) geraten. Wie sie nun ganz richtig und vollkommen klar auf das Gitter gegenüber hinarbeitet, wird sie durch ein Geräusch auf der nahen Straße erschreckt, sieht einen Augenblick nach der Stelle der Störung hin und setzt gleich danach ihre Tätigkeit fort, aber jetzt unter 0° ziehend; diesmal wird der Umschlag nicht korrigiert, Chica zieht weiter, bis das Ziel dicht vor ihr an der Spaltwand angekommen ist, und in diesem Moment läuft sie, wie einer, der nur noch den Erfolg seiner Bemühungen zu ernten hat, um den Käfig herum an das Gitter: man kann nicht verdutzter aussehen, als Chica, wie sie nun in den Kasten hineinschaut und das Ziel maximal entfernt an der Spaltwand erblickt. Es entsteht geradezu der Eindruck, als wache das Tier plötzlich wie aus einem Schlafe auf, und wie sich die Schimpansen sonst verhalten, ist die einzige Deutung, die man diesem Vorgang geben kann, daß die Störung noch lange nachwirkte und den unter solchen Umständen besonders begünstigten Umschlag nicht als solchen bemerken und korrigieren ließ wie sonst; so brachte Chica das Ziel bis an das natürliche Ende seiner Bahn und machte sich dann,

immer noch »halb abwesend« an den zweiten Teil des Programmes, der nun allerdings nicht paßte und so zum »Erwachen« führen mußte. — Auf die Überraschung hin kehrt das Tier zur Spaltwand zurück, ergreift wieder den Stock und schiebt das Ziel mit besonderer Sorgfalt dem Gitter zu; aber auch jetzt noch kann sie die Umschläge nicht ganz vermeiden, wennschon sie stets sofort die Korrektur eintreten läßt. Die eigene Armlänge berücksichtigt Chica ebensowenig wie Sultan im Anfang und strengt sich an, das Ziel drüben ins Freie zu befördern, als sie es schon längst bequem erreichen könnte.

Beim nächsten Mal ist die Lösung wiederum von vornherein klar, ja Chica gerät nicht einmal in die primitive Richtung und kommt herum ans Gitter, ohne das Ziel bis ganz hinübergeschoben zu haben; hier zeigt sich allerdings, daß sie »zu günstig gerechnet« hat; sie geht noch einmal an den Spalt zurück, gibt dem Ziel noch einige Stöße und vollendet dann die Lösung.

Zwei weitere Wiederholungen am folgenden Tage ergeben klare Verläufe, bis auf kurze Ansätze zum Umschlagen, die sofort korrigiert werden. —

Ich versuchte, auch Rana mit dieser Anordnung zu prüfen, mußte aber bald von einem so kühnen Unternehmen abstehen, da sie es als Ehrensache anzusehen schien, nur ja nicht von 0° abzuweichen, und durch keinerlei Hilfe, auch fortgesetztes Vormachen nicht, von dieser Arbeitsrichtung abzubringen war.

(Da der eben beschriebene Versuch einige Verwandtschaft mit dem auf dem Umwegbrett hat, so sei darauf hingewiesen, daß er etwa eine Woche nach diesem zuerst eingeführt wurde; Sultan hat bereits 18. und 19. 3. unter 180° Umwege gemacht; Chica hat bei Normalstellung des Brettes versagt; die nächstfolgenden Brettversuche liegen anderthalb Monate nach der eben beschriebenen Prüfung.)

Der in der Einleitung erwähnte Versuch mit Korb, Seilführung, Ring und Aststumpf oder Nagel gehört z. T. an diese Stelle, weil auch dort das Tier an einem Ort eine Lösung finden soll, die als solche nur für einen andern Ort (nach einem späteren Umweg) gelten kann. Über weitere Prüfungen mit jener Anordnung wird in dem nächsten Teil dieser Schrift berichtet.

Der Brettversuch und die nach ihm beschriebenen Prüfungen verlangen zwar eine Anpassung der Bewegungsrichtung an vorliegende Formen, aber weder die Dinge, mit denen entsprechende Umwege gemacht werden sollen, noch die Feldstruktur, auf die dabei Rücksicht zu nehmen ist, brauchen

gestaltmäßig in großer Schärfe erfaßt zu werden, damit die Lösung gelingen kann. Diese selbst vollzieht sich noch auf einem recht weiten freien Grund[1]. Will man zu noch höheren Anforderungen fortschreiten, so bietet sich von selbst als Versuchsmotiv die genaue Anpassung einer Form, mit der das Tier umgeht, an eine andere ruhende dar. Untersuchungen in dieser Richtung, die intelligenztheoretisch von der größten Bedeutung sein könnten, führen beim Schimpansen im allgemeinen nicht zu sehr erfreulichen Ergebnissen, und Mißerfolge oder unklare Verhaltensweisen sind ja das einzige, was die bisherigen Erfahrungen uns in schwierigeren Fällen dieser Art können erwarten lassen.

(25. 3. 14.) Sultan sucht das hinter einem Gitter aus Vertikalstäben liegende Ziel mit einem Stock zu erreichen, dessen eines Ende in runder Krücke umgebogen ist. Er faßt sein Werkzeug an dieser Krücke an, will es schnell zwischen den Stäben hindurchführen und bleibt mit dem Halbkreis hinter einer der Gitterstangen hängen. Dies Mißgeschick führt zu hastigem Rammen gegen das Hindernis, die Formen, um die es sich handelt, werden nicht berücksichtigt, und wie der Stock schließlich freikommt, hat man den Eindruck ganz zufälligen Gelingens. Ähnlich verlaufen einige Wiederholungen.

Zwei Jahre später (Mai 1916) wird mit demselben Stock geprüft, ob das Tier nun einer größeren Klarheit fähig ist. In der Tat richtet Sultan zumeist in auffälliger Weise die Krückenebene senkrecht, der Gitterstruktur entsprechend, während die Krücke selbst noch weit von den Stäben entfernt ist, und kommt so ohne Schwierigkeiten hinaus; in einigen Fällen, wo er unvorsichtiger vorgeht und deshalb hinter einer Stange hängenbleibt, sieht er schnell nach dem Ort der Störung hin, und jedesmal erfolgt sofort kurzes Zurückziehen und der Gitterform entsprechendes Drehen des Stockes, so daß dieser dann ohne weiteres hindurchzuführen ist. Das Tier benimmt sich viel ruhiger im Versuch als früher.

Sultan scheint nicht den Vorteil zu beachten (oder zu erkennen), den die Krücke beim Heranziehen etwa einer Banane gewährt; je nachdem wie er den Stock gerade aufgenommen hat, legt er einmal die Krücke hinter das Ziel oder benutzt, wie bei jedem andern Stab, die Spitze des Stockes. — Nueva, die von vornherein die Krücke ohne viel Mühe durch das Gitter brachte, erkannte vielleicht auch den Vorteil der Biegung.

[1] Allein der Versuch mit Ring und Nagel kommt den folgenden Aufgaben in dieser Hinsicht nahe.

Auf einen Stock von 80 cm Länge wird am einen Ende ein zweiter von 30 cm quer und symmetrisch aufgenagelt, so daß eine T-Form entsteht. Die Aufgabe ist im übrigen dieselbe wie beim vorigen Versuch.

(2. und 3. 4. 14.) Sultan bemüht sich, das Querholz abzubrechen; als das nicht gelingt, stößt er den langen Teil des Holzes zwischen den Gitterstäben hindurch; der Querbalken bleibt hängen, das Tier aber rammt heftig und aufs Geratewohl fortwährend gegen das Gitter, bis schließlich und ganz offenbar zufällig der Querbalken einmal in eine Lage kommt, bei der er nicht mehr aufgehalten wird. In einigen zwanzig Wiederholungen tritt keine merkliche Besserung ein; anscheinend wird aber auf die kritischen Formen auch kaum geachtet.

Chica verfährt etwas ruhiger, aber sonst nicht besser; nach einer Reihe von Beobachtungen muß festgestellt werden, daß sie nicht einmal versucht, sich in einer solchen Situation Klarheit zu verschaffen.

Auch mit diesem Stock wird Sultan 1916 wieder geprüft. Wie beim Krückstock ist eine wesentliche Besserung eingetreten insofern, als zumeist das Querholz von vornherein, noch weit von dem Gitter entfernt, in vertikale und zum Gitter passende Stellung gebracht wird. Man hat den Eindruck, daß Sultan von den gesehenen Formen belehrt wird, was zu tun ist, solange Stock und Gitter einander gegenüber sind, aber noch nicht optisch ineinanderkommen. Ist durch Unvorsichtigkeit und Hast erst ein enges optisches Ineinander von Stock und Gitter (ohne vorherige Lösung, d. h. Vertikaldrehung) entstanden, so hängt das weitere Vorgehen Sultans von der speziellen Konfiguration im Einzelfall ab: Steht das Langholz senkrecht zur Gitterebene, während sich das Querholz hinter einer Gitterstange sperrt, so wird dieses meistens in sicherer Bewegung vertikal gedreht und so hindurchgeführt; insbesondere gilt das von den Fällen, wo die erforderliche Drehung einen kleineren Winkel ausmacht (so ja zu erwarten nach früheren Versuchen). Wenn dagegen das Langholz selbst schräg liegt, und nun die Gegend um den Vereinigungspunkt der Hölzer mit den Gitterstangen zusammen eine relativ wirre Liniengesamtheit abgibt, dann zerrt Sultan offenbar blindlings an seinem Werkzeug herum. Ebenso ist er ratlos, wenn er das ganze Holz von außen zu sich hereinnehmen will und dieses dabei »übereck« zwischen die Stäbe des Gitters gerät; er reißt dann einfach ohne jede Anleitung von den Formen her. — Nicht jeder Komplex

hat eben die Eigenschaften einer straff gebauten Gestalt, und selbst für den zuschauenden Menschen stellen die für Sultan unklaren Fälle »schlechtere Gestalten« dar, geben sie weniger unmittelbar die erforderlichen Bewegungen an.

Die Formen, welche anderen gemäß geführt werden sollen, sind optisch noch schwieriger: Die früher erwähnte Leiter liegt außen quer vor dem Gitter und muß eines hoch angebrachten Zieles wegen hineingezogen werden. (12. 5. 14.) Grande und Chica scheinen die Aufgabe für unlösbar zu halten; kaum daß sie die Leiter einmal mutlos anfassen.

Auch Sultan geht es zunächst so. Nach längerer Zeit indessen packt er doch zu, zieht ein Ende der Leiter übereck zwischen die Stäbe und reißt wild nach innen, obwohl eine Lösung so vollkommen unmöglich ist. Die Leiter gerät im unklaren Zerren und Drehen schließlich zwischen den Stäben hindurch. — In einigen Wiederholungen werden für den Zuschauer Unterschiede sichtbar. Nicht jedes Zueinander von Leiter und Gitter wird gleich uneinsichtig behandelt; vielmehr kehren ähnliche Momente wieder, wie sie in dem vorigen Versuch bereits erwähnt sind. Sultan weiß sich gar nicht zu helfen bei jenen Übereckstellungen, in die schon das T-Holz nicht geraten durfte; dagegen kommen zweifellos echte Drehungen vor, wenn die Leiter nur um geringere Beträge von der passenden Stellung abweicht, und allgemein sind auch diesmal die Bewegungen des Tieres um so klarer, je schlichter jeweils infolge des Vorhergehenden das Linienzueinander von Leiter und Gitter ist.

Dieser Versuch wird ebenfalls später wiederholt (Mai 1916). Der Gesamteindruck von Sultans Verhalten ist ungünstig wie früher; daß je nach dem augenblicklichen Formenzueinander von Leitergefüge und Gitter einsichtiges Verfahren mit ganz uneinsichtigem Reißen und Ziehen wechselt, ist nicht zu verkennen. Doch auch für den erwachsenen Menschen ergeben sich in manchen Fällen und für Augenblicke Ansätze von optischem »Durcheinander«, wennschon der Zuschauer mit ein wenig Anspannung stets die erforderliche Klarheit wird herstellen können.

Während der Leiterprüfung drängt sich die Vorstellung auf, als würde der Versuch stark erleichtert sein, wenn man eine geschlossene, feste Form anstatt des bisher verwandten Liniengefüges (von Leiter und T-Holz) einführte. Deshalb wird die folgende Situation hergestellt: In einem großen Kasten liegt das Ziel und kann nur von einer Öffnung aus erreicht werden, die in Rechteckform (etwa 10×3 cm) in eine der Wände geschnitten ist; auch von dieser Öffnung ist das Ziel jedoch so weit entfernt, daß ein festes Holzbrett — der einzige vorhandene Stock — zu Hilfe genommen werden muß. Dessen Querschnitt gibt das Öffnungsrechteck in etwas verkleinertem Maßstab wieder, und bei richtiger Drehung ist es mühelos durch den Spalt ins Innere des Kastens einzuführen. (Die Tiere haben durch andere Ritzen in den Wänden Einblick in den Kasten, und der Brettquerschnitt ist soviel kleiner als die Öffnung, daß das Werkzeug praktisch verwendet werden kann.)

(6. 4. 14.) Sowohl Sultan wie Chica verfahren in diesem Fall recht »unordentlich«; beide zeigen, daß sie gegen die vorliegenden Formen keineswegs ganz gleichgültig sind; denn sie drehen das Brett schnell in ungefähr der Öffnung entsprechende Lage, schon indem sie es annähern, aber eben: nur ungefähr, und wenn nun an einer kleinen Ecke eine Hemmung entsteht, so hat der damit gegebene Mißerfolg nicht etwa die Wirkung, daß sie weiterhin genauer und vorsichtiger verfahren, sondern im Gegenteil die, daß sie wilder und blinder drauflosstoßen, bis schließlich keine Spur von Formrücksicht mehr zu erkennen ist. [Es gibt erwachsene Menschen, die in derartigen Situationen (Kampf mit Kragenknöpfen u. dgl.) ein ähnliches Verhalten zeigen; der Fehler liegt hier vielleicht mehr auf emotionalem, auf Charakter- und »Erziehungs«-gebiet als auf dem intellektuellen an und für sich; aber praktisch kommt doch dabei heraus, daß für einsichtiges Verhalten maßgebende Prozesse wirklich nicht mehr im sonst möglichen Maße stattfinden, sobald intensive Erregungen den Organismus beherrschen.]

Über weitere Variationen des Versuchsprinzips berichte ich hier nicht, da das Ergebnis stets dasselbe war: Bei den klügsten Tieren klare Formentsprechung, solange die Anforderungen selbst klar und einfach blieben, auch bei den begabtesten Individuen dagegen vollkommen einsichtsloses Reißen und Stoßen von gewissen Graden der Formkomplizierung an. Nach vielen Erfahrungen in dieser Hinsicht wird nur immer sicherer, daß hieran durchaus nicht Ungeduld und Heftigkeit allein schuld sind: derselbe Unterschied macht sich auch geltend, wenn die Tiere ihre guten Tage haben und recht gelassen zu Werke gehen. Die begabteren Schimpansen zeigen eine gewisse Besserung beim Altern von etwa 5 bis zu etwa 7 Jahren, aber die beiden ältesten Tiere, Tschego und Grande, sind nicht etwa ihrem Alter entsprechend

vor Sultan, geschweige Nueva, voraus. Über das letztgenannte Tier ist einiges an Formenbeherrschung in anderm Zusammenhang zu berichten.

Wenn die minderbegabten Tiere in diesem Abschnitt wenig Erwähnung finden, so liegt das einfach daran, daß an der ganz uneinsichtigen Behandlung auch relativ einfacher Formen nicht viel zu beschreiben ist; der Versuch mit dem Umwegbrett mag zur Kennzeichnung jener Individuen dienen.

Schluß.

Die Schimpansen zeigen einsichtiges Verhalten von der Art des beim Menschen bekannten. Nicht immer ist, was sie Einsichtiges vornehmen, äußerlich Menschenhandlungen ähnlich, aber unter geeignet gewählten Prüfungsumständen ist der Typus einsichtigen Gebahrens mit Sicherheit nachzuweisen. Das gilt trotz der sehr bedeutenden Unterschiede von Tier zu Tier, selbst für die unbegabtesten Individuen der Art, die hier beobachtet wurden, und wird sich danach an jedem Exemplar der Art bestätigen lassen, sofern es nicht gerade schwachsinnig in pathologischer Wortbedeutung ist. Von einem solchen, vermutlich seltenen Zufall abgesehen, wird das Gelingen von Intelligenzprüfungen im allgemeinen durch den Experimentator leichter gefährdet werden als durch das Tier: Man muß wissen und, falls erforderlich, durch vorbereitende Beobachtungen feststellen, in welcher Schwierigkeitszone und bei welchen Funktionen der Schimpanse möglicherweise Einsicht zeigen könnte; negative oder wirre Ergebnisse an beliebig kompliziertem und zufällig gewähltem Prüfungsmaterial sind offenbar ohne jede Bedeutung für die prinzipielle Frage, und allgemein sollte der Prüfende erkennen, daß jede Intelligenzprüfung außer dem untersuchten Wesen notwendig auch den Experimentator selbst prüft. Ich habe mir das oft genug gesagt und bin doch unsicher geblieben, ob die angestellten Versuche in dieser Hinsicht »befriedigend« genannt werden dürfen; ohne theoretische Grundlagen und im unbekannten Gebiet werden vielmehr methodische Fehler vorgekommen sein, die jeder, der die Arbeit fortsetzt, schon etwas leichter vermeiden kann.

Auf jeden Fall bleibt es dabei: Dieser Anthropoide tritt nicht allein mit allerhand morphologischen und im engeren Sinn physiologischen Momenten aus dem übrigen Tiersystem heraus und in die Nähe der Menschenrassen, er weist auch jene Verhaltensform auf, die als spezifisch menschlich gilt. Wir kennen die Systemnachbarn nach der andern Seite bisher nur wenig, aber nach dem Wenigen und nach den Ergebnissen dieser Schrift

ist es nicht ganz unmöglich, daß auf dem Prüfungsgebiet der Anthropoide auch an Einsicht dem Menschen nähersteht als vielen niederen Affenarten[1]. Soweit stimmen die Beobachtungen gut zu den Erfordernissen entwicklungsgeschichtlicher Theorien; insbesondere bestätigt sich die Korrelation von Intelligenz und Großhirnentwicklung.

Das positive Ergebnis der Untersuchung bedarf im übrigen einer Art Grenzbestimmung. Zwar wird es durch Versuche etwas anderer Art, welche später mitzuteilen sind, durchaus bestätigt; aber immerhin muß ein vollständigeres Bild entstehen, wenn sie hinzukommen, und insofern bleibt der Beurteilung der Schimpansenintelligenz noch ein gewisser Spielraum. — Sehr viel wichtiger ist der Umstand, daß die Versuche, in denen wir die Tiere prüfen, diese fast durchweg in eine ganz aktuell gegebene Situation bringen, in welcher sofort auch die Lösung aktuell ausgeführt werden kann. Für die prinzipielle Einsichtsfrage ist diese Versuchsart so gut geeignet wie jede, bei der die Entscheidungen Ja und Nein fallen können, ja vorläufig handelt es sich vielleicht um die bestmögliche Methode, da sie unmittelbar deutliche und zahlreiche Ergebnisse liefert. Aber wir dürfen nicht vergessen, daß in eben diesen Versuchsumständen gewisse Momente gar nicht oder nur eben angedeutet zur Wirkung kommen, denen mit Recht die größte Wichtigkeit für das menschliche Intelligenzleben zugeschrieben wird. Wir prüfen hier nicht oder nur einmal nebenbei, inwieweit den Schimpansen Nichtgegenwärtiges zu bestimmen vermag, ob ihn »Nur-Gedachtes« überhaupt in irgend merklicher Weise beschäftigt. Und damit im engsten Zusammenhang: Wir haben auf dem bisher eingeschlagenen Wege nicht ersehen können, wieweit nach rückwärts und vorwärts die Zeit reicht, »in welcher der Schimpanse lebt«; denn daß sich irgendwelche Wirkungen des Wiedererkennens und Reproduzierens gegenüber der Anschauung nach langen Zeiträumen feststellen lassen — wie das tatsächlich beim Anthropoiden der Fall ist —, kommt bekanntlich einem »Leben in größerer Zeitspanne« gar nicht ohne weiteres gleich. Reichliches Zusammensein mit den Schimpansen läßt mich vermuten, daß außer in dem Fehlen der Sprache in recht engen Grenzen nach dieser Richtung hin der gewaltige Unterschied begründet ist, der ja immer noch

[1] Aus weiter unten zu erörternden Gründen natürlich nicht an Intelligenzbereich. In dieser Hinsicht ist der Schimpanse einer sicherlich generellen Organisationsschwäche wegen dem niederen Affen verwandter als dem Menschen.

zwischen Anthropoiden und selbst den allerprimitivsten Menschen besteht. Das Fehlen eines unschätzbaren technischen Hilfsmittels und eine prinzipielle Einschränkung an wichtigstem Intelligenz*material*, den sogenannten »Vorstellungen«, wären danach die Ursachen, weshalb dem Schimpansen auch die geringsten Anfänge von Kulturentwicklung nicht gelingen. Was insbesondere das zweite Moment betrifft, so wird der Schimpanse, dem schon einfachere optisch *gegenwärtige* Komplexe leicht unklar bleiben, im »Vorstellungsleben« schlimm daran sein, wo selbst der Mensch fortwährend gegen das Ineinanderfließen und Verschwimmen gewisser Prozesse schwer genug zu kämpfen hat.

Im Gebiet der hier verwandten Prüfungsart zeigt sich das intelligente Verhalten des Schimpansen vor allem nach dem optischen Aufbau der Situationen orientiert, bisweilen werden sogar Lösungen allzu einseitig optisch angelegt, und in vielen Fällen, in denen der Schimpanse *aufhört*, einsichtig vorzugehen, verlangt wohl einfach die Feldstruktur zuviel von seiner optischen Fassungskraft (relative »Gestaltschwäche«). Es ist danach schwer, eine taugliche Erklärung seiner Leistungen zu geben, solange nicht eine ausgeführte Theorie der Raumgestalten zugrunde gelegt werden kann. Das Bedürfnis nach einer solchen kann nur noch lebhafter gefühlt werden, wenn man bedenkt, daß die *einsichtigen Lösungen* auf diesem Intelligenzgebiet an dem Artcharakter der (optisch gegebenen) Feldstruktur insofern notwendig teilnehmen, als sie ja in Form dynamischer, gerichteter Prozesse *dieser Struktur gemäß* verlaufen sollen.

Weniger eine Grenzbestimmung als einen Maßstab würde man gern zu den beschriebenen Intelligenzleistungen dadurch gewinnen, daß man die Leistungen des (gesunden und kranken) Menschen und vor allem des menschlichen Kindes verschiedener Altersstufen zum Vergleich heranzöge. Da die Ergebnisse dieser Schrift sich auf eine bestimmte Prüfungsart und das spezielle Prüfungsmaterial optisch aktuell gegebener Situationen beziehen, so wären naturgemäß die psychologischen Feststellungen zu verwenden, welche am Menschen (zumal am Kind) unter ebensolchen Umständen gewonnen sind. Dieser Vergleich läßt sich nicht ausführen, da sehr zum Schaden der Psychologie auch nicht das Notwendigste an solchen Feststellungen bisher vorgenommen wurde. Vorläufige und gelegentliche Versuche — einige sind früher erwähnt worden — ergaben mir den Gesamteindruck, daß wir in dieser Hinsicht die Leistungsfähigkeit des Kindes

bis zur Reife, ja noch die des Erwachsenen ohne spezielle (technische) Übung zu überschätzen geneigt sind. Es handelt sich eben um Terra incognita. — Mit den sogenannten »Tests« seit längerer Zeit beschäftigt, hat die pädagogische Psychologie noch nicht prüfen können, inwieweit sich normale und schwachsinnige Kinder in anschaulich gegebenen Situationen zu helfen wissen. Da Versuche dieser Art bis in die ersten Lebensjahre hinunter möglich sind und an eigentlich wissenschaftlichem Wert üblichen Intelligenzprüfungen durchaus gleichkommen dürften, so kann man vielleicht darüber hinwegsehen, wenn sie nicht sofort für Schule und Praxis überhaupt verwendbar werden. Wertheimer hat diese Anschauung seit mehreren Jahren in akademischen Vorlesungen vertreten; ich möchte hier, wo der Mangel empfindlich fühlbar wird, auf die Notwendigkeit und, wenn uns die Anthropoiden nicht täuschen, die Fruchtbarkeit einer solchen Arbeitsrichtung nachdrücklich hinweisen.

Nachtrag. Bei Abschluß dieser Schrift geht mir von Hrn. R. M. Yerkes (Harvard University) die Arbeit zu: "The Mental Life of Monkeys and Apes. A Study of Ideational Behavior." (Behav. Monogr. III, 1. 1916.) In diesem Programm einer reich auszustattenden amerikanischen Anthropoidenstation sind u. a. einige vorläufige Versuche der auch von mir verwandten Art beschrieben. Der untersuchte Anthropoide ist ein Orang, kein Schimpanse; soweit aber das Mitgeteilte schon ein Urteil erlaubt, stimmen die Ergebnisse gut zu den hier berichteten. Hr. Yerkes selbst glaubt ebenfalls, seinem Versuchstier Einsicht zuschreiben zu müssen.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	3
1. Umwege	10
2. Werkzeuggebrauch	20
3. Werkzeuggebrauch. Fortsetzung: Umgang mit Dingen	53
4. Werkzeugherstellung	78
5. Werkzeugherstellung. Fortsetzung: Bauen	105
6. Umwege über selbständige Zwischenziele	136
7. »Zufall« und »Nachahmung«	145
8. Umgang mit Formen	178
Schluß	209

Tafeln.

	Zu Seite
Tafel I oberes Bild	28
unteres Bild	56
II oberes Bild	101
unteres Bild	109
III oberes Bild	119
unteres Bild	132

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

W. Köhler: Intelligenzprüfungen an Anthropoiden. I.

Taf. I.

W. Köhler: Intelligenzprüfungen an Anthropoiden. I.

Taf. II.

W. Köhler: Intelligenzprüfungen an Anthropoiden. I.

Taf. III.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1917

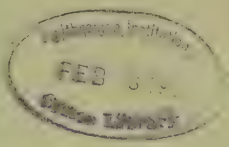
PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

Nr. 2

DIE INTRAPARIETALNÄHTE

VON

W. VON WALDEYER-HARTZ



MIT 4 TAFELN

BERLIN 1917

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1917

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

Nr. 2

DIE INTRAPARIETALNÄHTE

VON

W. VON WALDEYER-HARTZ

MIT 4 TAFELN

FEB 8 1921
Office Library

BERLIN 1917

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Vorgetragen in der Sitzung der phys.-math. Klasse am 22. März 1917.
Zum Druck eingereicht am 5. Mai, ausgegeben am 19. Juli 1917.

Seit der umfassenden Arbeit G. Schwalbes (44) über geteilte Scheitelbeine, in welcher er die zu lösenden Fragen mit gewohnter Gründlichkeit und Klarheit hinstellt und zu erledigen sucht, sind 14 Jahre vergangen. Die bis dahin (1903) vorliegenden Arbeiten sind fast sämtlich in dem Literaturnachweise Schwalbes aufgeführt und, soweit erforderlich, im Text bewertet worden. In demselben Jahre (1903) erschien ferner die ebenso umfassende und gründliche Arbeit von A. Hrdlička (23), gleichfalls mit einer eingehenden Literaturbesprechung. Von Schwalbe konnte diese monographische Darstellung nicht mehr berücksichtigt werden, ebensowenig die Schwalbesche von Hrdlička.

Seitdem sind noch eine Reihe neu beobachteter Fälle mitgeteilt und weitere Fragen aufgeworfen worden. Diesen Fragen näherzutreten sind insbesondere noch Untersuchungen in der Säugetierreihe vorzunehmen sowie entwicklungsgeschichtliche Angaben nachzuprüfen. Mir gab das Schädelmaterial der Berliner Anatomischen Anstalt Gelegenheit zu eingehenden Untersuchungen an normalen Menschenschädeln von den ersten fetalen Lebensmonaten an; die Sammlung des Pathologischen Institutes lieferte mir eine Anzahl hydrocephalischer Schädel und die reichen Schätze des Zoologischen Museums Tierschädel in ungleich größerer Zahl, als sie wohl bisher von einem der früheren Autoren auf dem Gebiete der Scheitelbeinanatomie benutzt werden konnte. Den HH. Kollegen Orth und Brauer sage ich für die Erlaubnis zur Benutzung der betreffenden Sammlungen und zur Veröffentlichung der geeignet erschienenen Fälle meinen Dank. Nicht minder zu Dank verpflichtet fühle ich mich Hrn. Professor Dr. Matschie, Abteilungsvorsteher am Zoologischen Museum, der mir bei der Bestimmung der Arten und Vorlegung des Schädelmaterials in zuvorkommendster Weise seine Hilfe lieh, sowie Hrn. Kollegen v. Luschan, aus

dessen Sammlung ich einen Fall von geteiltem Scheitelbein beim Menschen sowie mehrere Fälle der Art bei *Macacus* zur Einsicht bekam.

Es wurden untersucht 86 menschliche Schädel aus dem fetalen Leben und dem Kindesalter von der 7. Woche bis zum 10. Jahre. Ferner normale Schädel von Erwachsenen 1460. Von hydrocephalischen Schädeln hatte ich 20 zur Verfügung. Tierschädel untersuchte ich im ganzen rund 7600, darunter:

I. 3757 Affenschädel, und zwar von

Gorilla	155	502 Anthropoiden;
Orang	75	
Schimpanse	166	
Hylobates	106	
Cercopithecus	1184	2760 Katarrhini (Ostaffen, Affen der alten Welt);
Cercocebus	366	
Macacus	243	
Papio	517	
Semnopithecus	121	
Colobus	329	
Cebus	122	495 Platyrrhini (Westaffen, Affen der neuen Welt).
Ateles	53	
Mycetes	267	
Hapale	53	

II. 289 Prosimierschädel von den Gattungen *Lemur* (102), *Lepilemur* und *Propithecus*, zusammen (50), *Chirogale* (22), *Hapalemur* (15), *Otolicnus* (18), *Galago* (60) und *Galeopithecus* (22).

III. 1690 Carnivorenschädel von den Gattungen *Felis* (490), *Canis* (236), *Vulpes* (290), *Otaria* und *Phoca* (70), *Viverra* (100), *Viverricula* (52), *Genetta* (403) und *Herpestes* (49).

IV. Rund 300 Hyracoidenschädel von den Gattungen *Procavia*, *Hyrax*, *Heterohyrax* und *Dendrohyrax*.

V. 915 Nagetierschädel von den Gattungen *Sciurus*, *Lepus* und *Oryctolagus*, dazu einige Schädel von *Lagidium* und *Atherura*.

VI. 154 Insectivorenschädel von den Gattungen *Tupaja*, *Macroscelides*, *Rhynchocyon*, *Petrodromus*, *Gymnurus*, *Talpa*, *Centetes* und *Erinaceus*.

VII. 486 Beutlerschädel, darunter von *Didelphys Azarae* (110), von *Halmaturus* und *Macropus* zusammen (76) und rund 300 Schädel der Gattungen

Phascolomys, *Phascogale*, *Petrogale*, *Phylogale*, *Dasyurus*, *Hypsiprimnus*, *Dendrolagus* und *Derkopsis* zusammen. Ferner habe ich eine Anzahl Schädel von den Ordnungen der *Proboscidea*, *Artiodactyla* und *Perissodactyla* der anatomischen Sammlung geprüft. Zusammen also von Säugetieren außer Affen rund 3840 Stück.

Ich habe zur Betitelung der folgenden Arbeit gewählt die allgemeine Bezeichnung: »Intraparietalnähte«, da ich alle die verschiedenen Nahtbildungen, die im Parietale gefunden worden sind, berücksichtigen möchte. Dabei können auch die als »Randspalten« oder schlichtweg als »Spalten« bezeichneten Dinge nicht übergangen werden, ebensowenig wie obliterierte Nähte oder Nahtspuren.

Die auffallendste und am meisten zu Beschreibungen veranlassende Naht beim Menschen ist bekanntlich die im Hauptverlaufe horizontal zwischen Lambda- und Kronennaht sich erstreckende, durch welche das Scheitelbein in eine obere und untere, mehr oder weniger gleiche Hälfte geteilt wird; sie führt gewöhnlich den Namen Satura parietalis oder auch interparietalis = Parietal- oder Interparietalnaht. Ich ziehe nach dem Vorgange von Schwalbe, a. a. O. S. 421, den Namen »Intraparietalnaht« vor[1]. Wir müssen aber als gleich zu bewertende Nähte auch noch eine Anzahl abweichend verlaufender anerkennen, die in der folgenden Darstellung Berücksichtigung finden sollen; deshalb empfiehlt es sich, von »Intraparietalnähten« zu sprechen.

Ich lasse zunächst die Beschreibung der von mir vorgefundenen Fälle folgen:

I. Neue Fälle von Intraparietalnähten beim Menschen.

A. Durchlaufende, vollständige Nähte.

1. Schädel eines Erwachsenen, Nr. 73 vom Jahre 1900. Der Schädel stammt von einer im Berliner Anatomischen Institute zu Operationsübungen verwendeten Leiche, über deren Persönlichkeit nichts Näheres zu ermitteln war. Der Schädel ist mesocephal und fast überall ansehnlich

[1] Schwalbe (44) gebraucht zwar nicht das Wort »Intraparietalnaht«, sondern spricht von »intraparietalen Teilungen« im Gegensatze zu »extraparietalen«. Die betreffende typische Naht bezeichnet er stets als »Parietalnaht«, wie sie Hyrtl benannt hatte. — Van Deinse (9 und 9a) tritt auch für diese Bezeichnung ein. Schück (43) wählt den Namen »Intraparietalnaht«, den bereits Maggi (29) führt.

dickwandig, namentlich auch im Bereiche der Intraparietalnaht. An der linken Seite findet sich eine vollkommen ausgebildete Intraparietalnaht, die das Scheitelbein in zwei nicht völlig gleiche Stücke, ein oberes größeres, fast vierseitiges und ein unteres, vorn sehr schmales und hinten breites, teilt (s. Fig. 1, Taf. 1). Sie beginnt hinten und oben dicht unterhalb eines kleinen Nahtknochens, 11 mm vom Lambda und 75 mm vom Asterion entfernt, läuft schräg nach vorn und unten, wo sie an der Kronennaht, 10 mm oberhalb des Pterion, endet. Ihr hinteres oberes Stück, von der Lambdanaht beginnend, ist in einer Strecke von rund 25 mm stark gezackt; die Zacken nehmen allmählich ab, bis sie da, wo die Naht den ziemlich deutlich hervortretenden »Torus temporalis«[1] trifft, fast ganz aufhören. Der Torus ist da, wo die Naht ihn trifft, dem Laufe der Naht folgend, stark nach unten abgebogen, fast wie geknickt, eine Erscheinung, die bekanntlich auch da, wo die Kronennaht die Zona falciformis schneidet, sei nun ein Torus vorhanden oder nicht, in mehr oder minderem Grade fast beständig gefunden wird. Der vordere Teil des Torus liegt mit beiden Schläfenlinien von dieser Knickungsstelle ab in dem oberen Scheitelbeinstücke, ganz oberhalb der Naht, der größere hintere Teil dagegen in dem unteren Stücke (s. d. Zeichnung). Die Naht durchsetzt in ihrer ganzen Länge völlig die Dicke des Scheitelbeins, so daß sie auch an der Innenseite klar erscheint, und zwar, wie die übrigen beständigen Schädelnähte, linear, ohne Zacken. Da die Naht hinten dicht am Lambda beginnt und auf das Tuber parietale zuläuft, so erscheint dieser hintere Teil mehr vertikal und der vordere, der nahezu parallel der Schuppennaht zieht, fast horizontal bei aufrechter Schädelhaltung.

2. Schädel eines Erwachsenen. Eine fast horizontal verlaufende Naht teilt das linke Scheitelbein in zwei fast gleiche Stücke. Das Besondere dieses Falles, dessen Abbildung mir von Hrn. Kollegen K. v. Bardeleben in Jena freundlichst überlassen wurde, liegt in der auffallend reichen Zackelung der Naht, die sich in ihrem ganzen Verlaufe zeigt (s. Fig. 2, Taf. I). In ihrer vorderen Hälfte verläuft die Naht fast ganz in der Zona falciformis. Der betreffende Schädel befindet sich in der Jenenser Anatomischen Sammlung und stammt aus der Zeit Huschkes, vielleicht noch

[1] Vgl. v. Waldeyer-Hartz: »Zona falciformis« und »Torus temporalis«. Arch. f. Anatomie und Physiologie; anatomische Abteilung, 1917.

aus früherer Zeit. Das Alter der betreffenden Person, wahrscheinlich männlichen Geschlechts, ist auf 25—30 Jahre zu schätzen. Im Kataloge der Jenenser Sammlung heißt es: »454. 145.« »Schädel mit median verlaufender Sutura frontalis, dagegen etwa $^1/_3$ Zoll nach rechts gerückter Sutura sagittalis. Linkes Os parietale durch eine ziemlich horizontal verlaufende Trennungsnaht in eine obere und untere Hälfte geteilt, größer und gewölbter als das rechte. In der rechten Sutura lambdoidea ein großes Zwickelbein.« — v. Bardeleben hat diesen Schädel in seiner Mitteilung über »Asymmetrie der Stirnnaht« (Korrespondenzbl. für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte) erwähnt. Ich bin den HH. Kollegen Maurer und v. Bardeleben für die Mitteilung dieses Falles dankbar.

3. Schädel eines Neugeborenen, Nr. 1651 des Walterschen Kataloges der Berliner Anatomischen Sammlung, jetzt im Pathologischen Institute. Der Waltersche Katalog sagt: »Sceleton infantis hydrocephalici legitimo termino nati«. Von der Intraparietalnaht wird nichts erwähnt. Hydrocephalie mäßigen Grades. Links findet sich eine der Sagittalnaht ziemlich genau parallel verlaufende klaffende Naht, fast zackenlos, von 1—2 mm Breite, die das ganze Scheitelbein von der Lambdanaht bis zur Kronennaht durchsetzt. Die Nahtspalte ist mit einer durchscheinenden Membran, wie sie sich bei klaffenden Nähten fetaler und kindlicher Schädel findet, geschlossen. Die beiden durch diese Naht getrennten Scheitelbeinstücke sind nahezu gleich groß, doch überwiegt das obere etwas. Dieser Fall stellt ein typisches Beispiel einer horizontalen Scheitelbeinnaht dar.

4. Sehr großer hydrocephalischer Schädel eines 31jährigen Weibes. Nr. 1657 des Walterschen Katalogs, jetzt im Berliner Pathologischen Institute. Im Kataloge heißt es: »Sceleton virginis triginta annorum, octo mensium et octo dierum cum ingenti hydrocephalo. Historiam et delineationem hujus virginis dedit beatus Büttner in tractatu germanico: »Beschreibung des inneren Wasserkopfs. Königsberg 1773. Ex delineatione patet, caput hydrocephalicum horrendam retulisse figuram, cujus diameter undecim pollices et quatuor lineas aequat. In Praelectione academica Berolinensi, nondum impressa, de Hydrocephalo filius meus haec specimina explicavit«. Das vordere mediale Viertel des rechten Scheitelbeines ist durch eine von der Sagittalnaht zunächst abwärtsziehende, dann, stumpfwinklig umbiegend, in die Kronennaht einlaufende Naht vom übrigen Parietale abgetrennt. Die Nahtspalte klafft weit und in der sie verschließenden

Membran finden sich einige kleine Nahtknochen. Von der Kronennaht geht noch eine ähnliche leicht klaffende Spalte eine beträchtliche Strecke weit in das rechte Stirnbein hinein.

5. Schädel eines männlichen Fetus von 128 mm Körperlänge. Anatomische Sammlung, Nr. 29e vom Jahre 1915.

Der kleine Schädel von 30 mm Glabella-Inion-Länge zeigt links eine fast vollkommen von der Kronennaht zur Lambdanaht durchgehende Nahtanlage, die jedoch die Lambdanaht nicht ganz erreicht (s. Fig. 3, Taf. II). Das obere durch die Naht abgeteilte Stück enthält das obere Ossifikationszentrum des Scheitelbeins und ist etwas größer als das untere, in welchem wir das untere Zentrum finden. Es erscheint dieser Größenunterschied, wenn er auch gering ist, nicht unwichtig, da er sich fast überall bei der horizontalen Naht des menschlichen Scheitelbeins findet, also typisch zu sein scheint. Er findet auch schon seinen Vorausdruck in dem Verhalten der beiden regelmäßigen, zuerst von C. Toldt (47) bestimmten Verknöcherungspunkten des menschlichen Scheitelbeins, über welche ich, bevor ich in der Beschreibung der Fälle weiter fortfahre, zunächst das von mir Ermittelte hier bringen möchte (s. Fig. 4 u. 5, Taf. II).

Die Figur 4 stellt den Schädel eines menschlichen Fetus männlichen Geschlechts von 111 mm Körperlänge in der Ansicht von rechts dar. (Präparat 29a vom Jahre 1915 der Berliner Anatomischen Sammlung.) Die Kopflänge von vorn nach hinten beträgt 25 mm. Das Präparat stellt also ein etwas jüngeres Stadium dar, als das unter Nr. 5 beschriebene. Der rechten Scheitelbeinanlage entsprechend sieht man zwei Verknöcherungszentren noch deutlich voneinander getrennt. Das obere ist etwas größer; es mißt von vorn nach hinten 6 mm, von oben nach unten (den Schädel in der gewöhnlichen aufrechten Haltung gedacht) 5 mm. Das kleinere untere mißt zwar von oben nach unten 7 mm, aber von hinten nach vorn nur 3 mm. Es hat also eine längliche Gestalt, während das obere mehr rundlich erscheint. Die Längsachse des unteren Stückes zieht etwas schräg von oben hinten nach unten vorn; die längere Achse des oberen Stückes liegt mehr sagittal (horizontal). Außerdem ist zu bemerken, daß das obere Stück etwas mehr nach hinten liegt — es überragt das untere um ein wenig kaudalwärts —, während das untere im ganzen mehr nach vorn liegt. Ich führe hier an, daß Bianchi (1) und Le Double (11) das umgekehrte Lageverhältnis der beiden Ossifikationszentren angeben (vgl.

das später [S. 25/26] angegebene Zitat); es wird also keine bestimmte Regel in der Lagerung der beiden Ossifikationszentren aufzustellen sein. Es ist dieser Umstand ein bemerkenswerter; ich komme darauf zurück.

An der linken Seite dieses Schädelchens (s. Fig. 5, Taf. II) sind beide Stücke fast verschmolzen; doch ist die Trennungslinie noch gut zu erkennen. Rechts ist, wie ausdrücklich angegeben werden soll, die Trennung auch keine vollkommene, denn feine Knochenspikula ziehen von einem zum anderen Stück hinüber und herüber (vgl. die Figur 4). Das obere Stück der linken Seite mißt von vorn nach hinten (horizontal) fast 9 mm und von oben nach unten (vertikal) nahezu 6 mm, während das untere hier mehr rundlich erscheint mit fast 6 mm in allen Durchmessern. Nach den sonst vorhandenen Angaben und Abbildungen über die Ossifikationszentren des Scheitelbeins scheint also die Form und die gegenseitige Lagerung der beiden Stücke zu wechseln, während das obere Stück stets das größere sein dürfte. Hier möchte ich noch einen andern Punkt, der die endgültige Ausgestaltung des Scheitelbeins betrifft, zur Sprache bringen. Bei der Vergleichung einer größeren Anzahl von Feten- und Kinderschädeln verschiedenen Alters in anschließender Entwicklungsreihe gewann ich den Eindruck, als ob das spätere Tuber parietale der Hauptsache nach, wenn nicht überhaupt, sich aus dem oberen Verknöcherungszentrum entwickele.

Toldt in seiner sehr genauen Schilderung der beiden Verknöcherungszentren des Scheitelbeins (47) läßt das Tuber parietale aus der Stelle der späteren Verschmelzung der beiden Zentren hervorgehen. Bei den von mir untersuchten Kinderschädeln, bei denen die Verschmelzung bereits erfolgt war, erhielt ich nicht selten den Eindruck, als ob noch zwei Zentren, von denen das obere die stärkere Erhöhung des an kindlichen Schädeln ja besonders deutlichen Tuber parietale darstellte, erkennbar wären. Auch bei dem hier beschriebenen Schädel mit Parietale bipartitum (s. Nr. 1) läßt sich sowohl an dem oberen wie an dem unteren Stücke dicht unter der Teilungsnaht noch je eine besondere Erhöhung erkennen. Stellt sich also, wie gewöhnlich, ein vollkommen einheitliches Tuber parietale her, dann nehmen beide Zentren nach ihrer Verschmelzung an dessen Bildung teil. Es kann aber auch jedes Zentrum in seiner Beteiligung noch getrennt sichtbar bleiben, wenn eine vollkommene schräge Parietalnaht besteht. Mir scheint, wie gesagt, als ob der Anteil des oberen Zentrums an der Bildung des Tuber für gewöhnlich der größere wäre.

B. Unvollständige Nähte.

Waren die bisher beschriebenen Fälle Beispiele durchgehender oder doch — wie in Fall 4 — fast völlig durchgehender Naht, die das menschliche Scheitelbein in 2 nahezu gleiche oder (Fall 3) auch sehr ungleiche Stücke trennten, so lasse ich jetzt eine Anzahl Fälle folgen, in denen die

Trennung eine unvollständige blieb. Von besonderer Wichtigkeit erscheint mir der Fall

6. Schädel eines männlichen menschlichen Fetus von 175 mm Körperlänge. Der Schädel zeigt eine Glabella-Inion-Länge (beide Meßpunkte sind bereits gut zu bestimmen) von 39 mm. Beide Ossifikationszentren des rechten Scheitelbeins sind noch gut zu unterscheiden, wenn auch größtenteils in ihrem mittleren Bezirke verschmolzen. An diesem Scheitelbein (s. Fig. 6, Taf. II) zeigt sich vorn sowohl wie hinten, genau den Weg zwischen die beiden Zentren nehmend, eine Nahtspur, insbesondere deutlich hinten. Auch in der Mitte zwischen beiden ist noch eine kurze Spalte sichtbar. Das Aussehen dieser Spuren ist ähnlich denjenigen Bildungen, welche als »Randspalten« (Ranke [38], Schwalbe [44]) bezeichnet worden sind und welche man von den unvollkommenen Nähten unterscheiden muß. Jedenfalls liegen in dem hier beschriebenen Falle die »Spuren« da, wo auch eine unzweifelhafte horizontale Intraparietalnaht liegen würde. Derselbe Schädel zeigt die Anlage eines auffallend großen Os bregmaticum.

7. Schädel eines etwa 6monatigen Fetus mit Zirkelabstand Glabella-Inion = 79 mm. Geschlecht unbekannt. Präparat Nr. 31 vom Jahre 1909 der Berliner Anatomischen Sammlung (Fig. 7, Taf. II). Der Schädel hat dolichocephale Form. Die Kronennaht erscheint an einzelnen kleinen Stellen obliteriert. In beiden Scheitelbeinen finden sich in fast genau symmetrischer Anordnung und von fast gleicher Größe folgende Spaltbildungen — ich sage hier absichtlich nicht »Nähte« oder »Nahtspuren«.

a) Rechts ein feiner geradliniger Spalt (ohne jede Andeutung von Zacken), der 15 mm von der Medianlinie entfernt aus der Lambdanaht hervorgeht und, 17 mm lang, aufs Tuber parietale dextrum zuläuft, ohne es jedoch völlig zu erreichen.

b) In der Mitte des Tuber parietale dextrum beginnt sehr fein ein zweiter Spalt gleicher Art, läuft schräg nach vorn und medianwärts auf die Kronennaht zu, hört jedoch in 5 mm Entfernung von ihr, wieder sehr fein auslaufend, auf. Die Entfernung des vorderen Endes von der Medianlinie beträgt 10 mm, die Länge der Spalte b ist = 12 mm.

Links bestehen im Scheitelbein dieselben beiden Spalten. Die Spalte a beginnt, wie rechts, in der Lambdanaht 15 mm von der Mittellinie entfernt und läuft aufs Tuber parietale sinistrum zu; sie ist aber um ein

Geringes kürzer als die antimere Spalte rechts. Die zweite Spalte, b, ist, man kann sagen, links fast genau das Gegenstück der Spalte b rechts; sie beginnt im entsprechenden Tuber, ist nahezu 12 mm lang, läuft schräg nach vorn medianwärts, hört 5 mm von der Koronalnaht auf, und die Entfernung dieses vorderen Endes von der Mittellinie beträgt 10 mm, genau wie rechts.

Ich habe diesen insbesondere wegen seiner Symmetrie bemerkenswerten Fall hierhergestellt, obwohl die Bildungen in der Tat mehr richtigen Spalten, die etwa später in den Knochen, durch ein Trauma oder sonstwie, entstanden wären, als Nähten gleichen. Die fetalen Nähte aus dieser Zeit sind ja noch zackenlos; man bemerkt aber doch beim Vergleich einen Unterschied. Die Ränder einer Naht sind stets leicht abgerundet, die einer Frakturspalte meist kantig und linear, ohne Zähnelung. Immerhin kommt aber, wenn man sich die Spalten a und b im Tuber verbunden denkt, eine Linie heraus, die das betreffende Scheitelbein in der Art einer typischen horizontalen Spalte fast völlig gleichteilen würde. Diese Lage der Spalten sowie ihre fast völlige Symmetrie scheint ein Trauma als Ursache auszuschließen. Eine sichere Entscheidung über diesen sonderbaren Fall vermag ich zur Zeit jedoch nicht zu treffen. Der Schädel fiel bei der Untersuchung zu Boden und bekam dadurch rechterseits unterhalb der beschriebenen Spalte einen Bruch, der mit Leim geschlossen wurde.

8. Hydrocephalischer Schädel eines 4jährigen Kindes, Nr. 4923 des alten Katalogs der Berliner Anatomischen Sammlung: Sceleton infantis quatuor circiter annorum hydrocephalum valde magnum exhibens. Ex collectione Mursinnae. (Jetzt im Berliner Pathologischen Museum.)

Am linken Scheitelbein eine vertikal verlaufende Naht, die nahe der Mitte senkrecht von der Sagittalnaht ausgeht und die obere Hälfte des Knochens durchsetzt. Sie zeigt fontanellenähnliche Erweiterungen.

C. Obliterierte Nähte, Nahtspuren.

In den nachfolgend aufgeführten Fällen handelt es sich um sogenannte Nahtspuren, d. h. um deutlich als solche erkennbare ganz oder teilweise obliterierte Intraparietalnähte bei menschlichen Schädeln.

9. Schädel eines 57jährigen kräftig gebauten Mannes von 1.57 m Körperlänge. Nr. 64 vom Jahre 1912. Berliner Anatomische Sammlung. An beiden Scheitelbeinen, besonders deutlich links, geht von der

Mitte der Lambdanaht, unmittelbar oberhalb eines kleinen Nahtknochens, eine obliterierte Naht aus, die sich bis zur Mitte der Linea temporalis superior verfolgen läßt. Bis dahin ist unzweifelhaft ein zackiges Gefüge zu erkennen, dann weiter nach vorn nicht mehr. Auch von der Innenfläche des Schädels aus sind beiderseits die Nahtspuren noch nachzuweisen. Rechts ist da, wo die Nahtspur auftrifft, eine kleine Einbiegung der Linea temporalis superior zu erkennen. Ich erinnere hier an den Befund in Fall I. Auch dort war die unverkennbare, durchgehende Naht zackenreich bis zur Begegnung mit den Lineae temporales, von da an fast zackenfrei, und an der Stelle des Zusammentreffens zeigte sich die vorhin bei Beschreibung des Falles Nr. 1 erwähnte Einbiegung.

10. Schädel eines Weibes. Nr. 61 vom Jahre 1909. Sammlung des Berliner Anatomischen Institutes. Näheres über die Persönlichkeit ist nicht bekannt. Brachycephaler, dünnwandiger Schädel; Klinocephalie geringen Grades; Nähte vielfach obliteriert; Zähne größtenteils erhalten. An der Kronennaht beginnt rechterseits eine unverkennbare Nahtspur 25 mm unterhalb der Mittellinie. Außen am Schädel sind die Nahtzacken noch gut erkennbar: an der Tabula interna ist die Spur nicht mehr deutlich; aber die übrigen Nähte sind auch größtenteils obliteriert und von innen her nicht mehr wahrzunehmen. Die Spur ist, von außen gesehen, etwas vertieft. Die Linea semicircularis superior bzw. die Zona falciformis trifft die Spur etwa in der Mitte und von dieser Stelle an zeigt sich dicht oberhalb der Linea semicircularis superior eine flache lineare Vertiefung ohne Andeutung von Zacken; die Spur hört etwa 40 mm vor der Lambdanaht auf.

II. Neue Fälle von Intraparietalnähten bei Tieren.

A. Volle, durchlaufende Nähte, welche das Scheitelbein in gleiche oder ungleiche Stücke teilen.

1. *Simia fuliginosus* Schf. ♂ juv. (Mafuka-Schimpanse): Berliner Anatomisches Museum, Nr. 58 vom Jahre 1912. Textfigur 1, natürliche Größe. An beiden Scheitelbeinen ist ein beträchtliches Stück am Angulus frontalis durch eine echte Zackennaht aus dem übrigen Scheitelbein herausgeschnitten. Rechts ist das Stück fast genau quadratisch, links in der Richtung von vorn nach hinten etwas länger als rechts, besonders an der Sagittalnaht,

während es an der Kronennaht schmaler ist. Seitlich reichen beide Stücke bis dicht an die Linea temporalis superior heran; es besteht ein deutlicher Torus temporalis. Erst mit Zunahme dieser beiden Stücke erhalten wir die beiden Scheitelbeine in normaler Größe und Form.

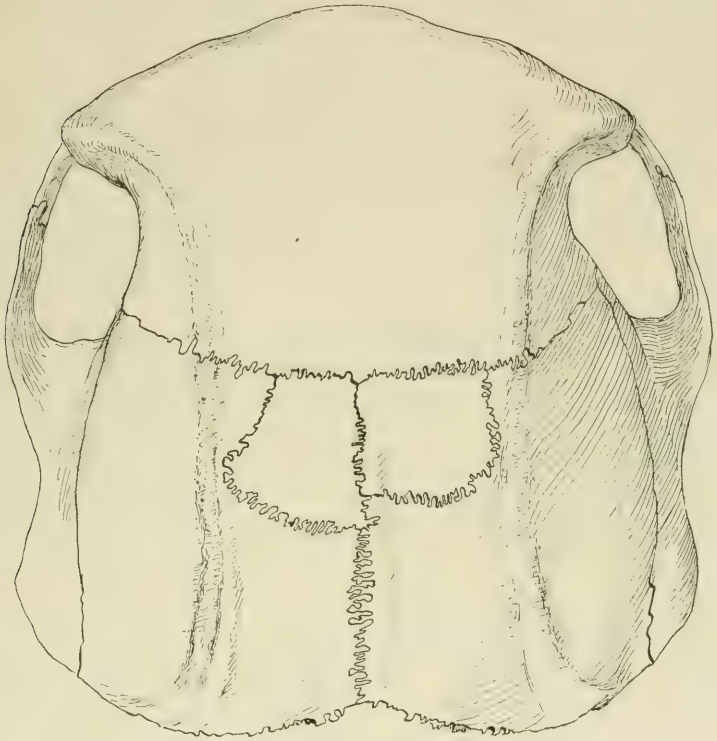


Fig. 1. Simia fuliginosus.

1a. Schädel eines jungen Orang. Dieser höchst wertvolle Schädel ist im Besitze des Hrn. Prosektors Dr. Richard Wegner in Rostock, der ihn mir zur Verfügung stellte, wofür ich ihm hier meinen Dank ausspreche. Auf Taf. IV sind drei Ansichten des merkwürdigen Schädels abgebildet. Fig. 9 zeigt die linke Lateralansicht des vollständig gezeichneten Schädels, Fig. 10 die rechte; hier sind nur die zur Orientierung nötigen Teile des

Objektes wiedergegeben. Fig. 11 zeigt denselben Schädel in ganzer Figur in der Norma verticalis. Links wie rechts finden wir ein fast völlig gleiches Verhalten einer Parietalnaht. An beiden Seiten geht sie von der seit Ranke beim Orang bekannten typischen Stelle der Kronennaht aus, um in — man kann sagen — durchaus gleicher Weise nahe dem Asterion in die Satura squamosa einzubiegen. Es wird somit jederseits ein großer länglicher Angularknochen aus dem Parietale herausgeschnitten. Ein verhältnismäßig nur kurzer weiterer Verlauf hätte die Naht zu einer horizontalen Gegennaht, s. S. 27, gemacht und damit eine vollständige Teilung beider Scheitelbeine herbeigeführt. — Von weiterem Interesse ist nun jederseits an derselben Stelle ein großer Kronennahtknochen; rechts ist er größer als links und nimmt das ganze untere Stück der Kronennaht ein. Links findet man noch die Andeutung einer weiteren vertikalen Teilung des unteren angularen Teilstückes, rechts ein paar kleine Schaltknochen in der Intraparietalnaht.

Von nicht minderem Interesse als dieses doppelseitige symmetrische Verhalten einer beim Orang häufiger vorkommenden typischen Nahtform ist nun das Bild der Norma verticalis mit den klaffenden Pfeil- und Lambdanähten und den reichlich zur Füllung darin entwickelten Nahtknochen. Zweifellos liegt hier ein Fall von Hydrocephalie vor, der um so interessanter und wichtiger ist, als es sich um eine Hydrocephalie mäßigen Grades, und zwar bei einem Anthropoiden, handelt. Vgl. die weitere Verwertung dieses Falles bei der Besprechung der Ursachen der Intraparietalnähte.

2. Schädel von *Hylobates hainanus*. Zool. Museum, Nr. 459, 09. Textfiguren 2 u. 3. — Am rechten Scheitelbein ist die Gegend des Angulus occipitalis in Form eines unregelmäßig vierseitigen Stückes durch eine unverkennbare Naht von derselben Beschaffenheit wie die benachbarten Nähte vom übrigen Knochen abgetrennt. Eine ganz feine, aber doch sehr deutliche Naht schneidet von diesem Stücke wieder ein kleines dreiseitiges Stückchen hinten und unten ab. Die größere Naht beginnt fast genau in der Mitte der Sagittalnaht und mündet in die Lambdanaht an der Grenze des mittleren und unteren Drittels derselben, 12 mm oberhalb des Asterion.

3. Schädel von *Cercocebus cynomolgus*. Nr. 1408 des Berliner Zoologischen Museums. Der Fall ist ähnlich dem von *Simia fuliginosus* beschriebenen; aber es wird ein verhältnismäßig größeres Stück am An-

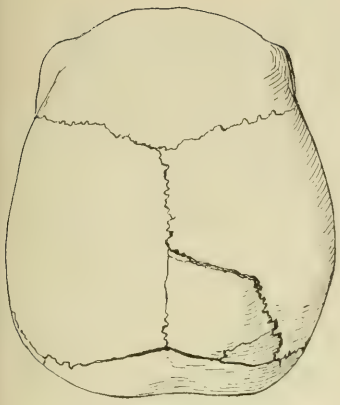


Fig. 2. Hylobates hainanus.

Fig. 3. Hylobates hainanus.

gulus frontalis abgeschnitten. Die Naht beginnt links fast genau in der Mitte der Sagittalnaht und endet vorn in der Mitte der Kronennaht. Sie zeigt dieselbe Beschaffenheit wie die benachbarten unzweifelhaften Nähte.

4. Schädel eines *Ateles*, bezeichnet als *Ateles affinis ater*. Nr. 7747 des Berliner Zoologischen Museums. Beide Scheitelbeine haben oberhalb der Linea temporalis ein rauhes Feld, welches sich weiter hinten auch tiefer

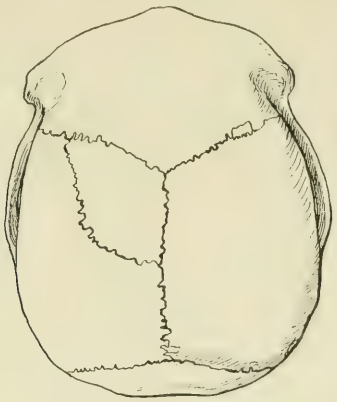


Fig. 4. Cercocebus cynomolgus.

abwärts bis zur Schuppennaht erstreckt, unterhalb ein glattes. Im linken Scheitelbein befindet sich eine vertikale Naht, welche von der Obeliongegend ausgeht, vertikal bis zum glatten Felde verläuft, noch etwas in dieses hineinreicht und dann nach hinten umbiegt, um in das Asterion einzumünden. Sie scheidet das Scheitelbein in ein größeres vorderes und hinteres kleineres Stück. Die Naht verläuft ziemlich genau so, wie die vertikale Naht des folgenden Falles Nr. 5, und die Textfigur 5 gibt fast das gleiche Bild wie der Schädel Nr. 4, wenn man die linke Seite statt der rechten nimmt und die horizontale Naht wegläßt. Rauh ist im Fall 4 das ganze kleinere hintere Stück und das oberhalb der Linea temporalis befindliche Feld des größeren vorderen Stückes, glatt das unterhalb der Linea temporalis liegende Feld dieses Stückes. Bemerkenswert ist, daß das Nahtgebiet um die Stelle der kleinen Fontanelle herum, also ein Teil der Lambdanaht und der Sagittalnaht, klaffen. So weit die rauhe Fläche reicht, ist die Naht zwar deutlich, aber geschlossen, im glatten Felde ist sie offen.

5. Schädel von *Cercocebus albigens*. Nr. A 2894 des Berliner Zoologischen Museums — Textfigur 5. Es handelt sich hier um eine unzweifelhafte Doppelnaht im rechten Scheitelbein mit Dreiteilung, also um einen Fall von Parietale tripartitum. Die horizontale Naht geht vorn von der Kronennaht aus ein wenig unterhalb deren Mitte; sie verläuft fast ganz in der Zona falciformis bis zur vertikalen Naht, wo sie aufzuhören scheint. Eine Spur — in der Figur durch feine Punkte angedeutet, s. weiter unten — zeigt jedoch an, daß die Naht sich bis zum Asterion fortsetzte; doch kann dies nicht mit Sicherheit behauptet werden. Die vertikale Naht ist an zwei Stellen obliteriert, aber auch dort in ihrem Laufe noch deutlich zu erkennen. Vom Lambda bis zum Abgange der vertikalen Naht mißt man 12 mm, von da bis zum Bregma 28 mm mit dem Zirkel. Die untere und hintere Seite des größeren vorderen viereckigen Stückes messen gleichfalls 28 mm, die vordere an der Kronennaht 23 mm. Das untere Stück der vertikalen Naht hat 16 mm Länge. Die intraparietalen Nähte zeigen dieselbe Beschaffenheit wie die übrigen Nähte. Im großen vorderen viereckigen Stücke bemerkt man hinten oben, von der Sagittalnaht ausgehend und zu einem etwas vorspringenden Winkel der Vertikalnaht hinziehend, eine in der Figur durch Punkte angedeutete feine lineare Spur, die man für eine Nahtspur halten könnte, ebenso in dem hinteren Stücke eine

ähnliche Spur, welche von dem Zusammenstoß der beiden Intraparietalnähte ausgeht und zur Schuppennaht in einem nach hinten konvexen Bogen verläuft. Ich vermag für diese Bildungen keine sichere Deutung zu geben; bemerke aber ausdrücklich, daß der Schädel keine Traumaspur zeigt, und daß die zweifellosen Intraparietalnähte völlig den Charakter der übrigen typischen Nähte dieses Schädels tragen. Wären die beschriebenen Spuren auch echte Nahtreste, dann hätten wir einen Fall von Parietale quinquepartitum.

Fig. 5. Cercocebus albigens.

6. Schädel von *Cebus fatuellus*. Nr. 21275 des Berliner Zoologischen Museums[1]. Textfiguren 6 und 7. Nähte in beiden Scheitelbeinen mit Dreiteilung rechts und fast vollkommener Zweiteilung links. Rechts findet sich eine sehr deutlich und feinzackig ausgebildete horizontale Naht, welche ein oberes kleineres von einem unteren größeren Stücke abtrennt. Diese Naht fällt in ihrem Verlaufe ziemlich mit der Linea temporalis, die in der Figur 6 angedeutet ist, zusammen. Das kleinere obere Stück ist nun durch eine vertikale Naht, die von der Sagittalnaht zur horizontalen Intraparietalnaht zieht, abermals geteilt in eine vordere größere und hintere etwas kleinere Hälfte. An der Stelle der Obelion (der Gerdyschen Fontanelle) findet sich im hinteren Stück noch eine kleine Nahtspur. Vom Lambda bis zum Abgange der vertikalen Naht sind 20 mm, von da bis

[1] Auf dem Schädel selbst steht: *Cebus fatuellus*, 1275; auf einem daran befestigten Zettel: *Cebus fatuellus* mit Skelett, Südamerika, 21275.

zum Bregma 15 mm. Der Unterschied tritt deutlicher an der rechten Seite der Figur 7 hervor, welche man von hinten her betrachten wolle. Das Stirnbein tritt, wie bei den Cebiden vielfach, mit einem hinteren Schnabelstück tief zwischen die Parietalia hinein; ohne dieses würden die An-

Fig. 6. Cebus fatuellus.

Fig. 7. Cebus fatuellus.

teile der Sagittalnaht an der Begrenzung der beiden Scheitelbeinstücke gleich sein. Die Vertikalnaht mißt fast 23 mm, die von der Lambdanaht gelieferte Begrenzung des hinteren Stückes 15 mm, die Kronennahtbegrenzung des vorderen Stückes 25 mm. Der hintere wie der vordere Abschnitt der Horizontalnaht sind beide von demselben Ausmaß = 26 mm.

Am linken Scheitelbein zeigt sich eine zwischen der Schuppennaht und Sagittalnaht verlaufende, von einem kleinen rückläufigen Vorsprung

der ersteren ausgehende Vertikalnaht; sie geht nicht vollständig bis zur Sagittalnaht durch; wenn sie durchliefe, würde sie (vgl. Textfigur 7) die Vertikalnaht der anderen Seite getroffen haben. Daß es sich um eine echte Naht handelt, zeigt die Vergleichung mit den übrigen Nähten. Der in ihr — s. die Figur 7 — befindliche Defekt dürfte auf einen herausgefallenen kleinen Nahtknochen zurückzuführen sein. Sie mißt 35 mm.

7. Schädel eines *Cebus* bezeichnet als »*Cebus affinis fatuellus*«. Ohne Nummer. Sammlung des Berliner Zoologischen Museums. An der einen Seite ein Befund fast genau so wie an der rechten Seite von dem vorigen, unter Nr. 6 beschriebenen Schädel. Die horizontale Naht liegt da, wo sie sich mit der vertikalen verbindet, 27 mm über der Schuppennaht, und ist 50 mm lang. Die Vertikalnaht mißt 25 mm; sie geht ziemlich in der Mitte von der Sagittalnaht ab und trifft die Horizontalnaht in deren Mitte.

8. Schädel von *Mycetes ursinus juv.* Berliner Zoologisches Museum. Nr. A. 2941. Rechts eine typische Vertikalnaht, die sich durch Vergleichung mit den übrigen Nähten als eine solche unzweifelhaft kennzeichnet. Sie erstreckt sich von der Grenze des vorderen und mittleren Drittels der Sagittalnaht bis zur Schuppennaht, welche sie an der Grenze des mittleren und hinteren Drittels erreicht. Somit zerlegt sie das Parietale in ungefähr zwei gleiche Hälften, deren vordere unten, deren hintere oben größer ist. Im linken Scheitelbein ein großer traumatischer Defekt, der sich bis in das Hinterhauptsbein erstreckt. In Rücksicht hierauf wurde die Beschaffenheit der Spalte rechterseits besonders genau auf ihre Deutung geprüft; man kann sie nur für eine vertikale echte Naht erklären.

8a. Schädel von *Atherura affinis africana* ♀ (*Rodentia*) Nr. 19114 des Berliner Zoologischen Museums. Das linke Scheitelbein ist durch eine schräg von der Lambdanaht zur Kronennaht verlaufende echte, gezackte, den übrigen Nähten völlig gleich beschaffene Naht in zwei nahezu gleiche Stücke geteilt. Da der Schädel defekt war, wurde die fragliche Trennungslinie mit besonderer Sorgfalt auf ihren Nahtcharakter geprüft, der sich indessen als völlig sicher erwies.

B. Unvollständige Nähte. Randspalten.

9. Schädel von *Cercopithecus tephrops juv.* Berliner Zoologisches Museum, Nr. Congo, 12078 — Textfigur 8. Rechts geht, mathe-

matisch genau von der Mitte der Sagittalnaht aus, eine 7 mm lange Naht in das rechte Scheitelbein hinein. Die Stelle des Obelion (Gerdysche Fontanelle) entspricht offenbar nicht dem Abgang der Naht oder Randspalte, wie man sie nun bezeichnen mag. An ihrem Ursprung aus der Pfeilnaht ist sie ein wenig breiter und läuft fein zugespitzt aus. Die Stirnnaht des als »jung« bezeichneten Tieres ist obliteriert, ebenso beiderseits die Schuppennähte, an deren Stelle sich eine wulstförmige Verdickung zeigt, die ich als »Torus squamosus« bezeichne — sie fand sich auch an andern Tierschädeln in derselben Weise. Die Lambdanaht war, ebenso wie diese un-

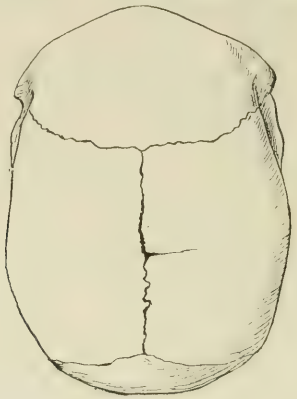


Fig. 8. Cercopithecus tephrops.

vollständige Intraparietalnaht, gänzlich zackenlos. Am Schädel bestehen beiderseits deutlich doppelte Schläfenlinien mit einer glatten und ein wenig erhabenen Zona falciformis dazwischen, so daß man von einem »Torus temporalis« sprechen könnte.

10. Schädel von *Cercopithecus flavidus*. Berliner Zoologisches Museum. Nr. 16319, Peters (00876). Textfiguren 9 und 10. Horizontalnaht rechterseits, in der Mitte auf etwa 12 mm unterbrochen, sonst aber vom typischen Verlaufe der parietalen Horizontalnähte. Es wird dadurch das betreffende Scheitelbein in ein oberes größeres und ein unteres kleineres Stück zerlegt. Die Stirnnaht ist größtenteils erhalten und auch (s. Textfigur 9) die Mediannaht in der Hinterhauptsschuppe (in deren pars praeinterparietalis).

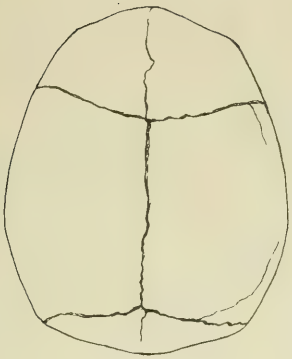


Fig. 9. Cercopithecus flavidus.

Fig. 10. Cercopithecus flavidus.

11. Schädel von *Cebus affinis fatuellus.* Zoologisches Museum in Berlin, Nr. 46A. 1911. Vom Lambda aus geht eine horizontal laufende Naht etwa 20 mm weit in das linke Scheitelbein hinein.

12. Schädel von *Cebus affinis fatuellus.* Zoologisches Museum in Berlin, Nr. 7745. Links geht von der Spitze des Stirnbeinschnabels (dem Bregma) eine 20 mm lange vertikale Naht in das Scheitelbein hinein. Von der Stelle der Obelionfontanelle, welche selbst schon geschwunden ist, geht nach beiden Seiten eine etwa 10 mm lange Spalte in das betreffende Scheitelbein hinein.

13. Schädel von *Cebus niger.* Zoologisches Museum in Berlin, Nr. 5164. Die Sagittalnaht klafft ziemlich weit, Merkmale eines Hydrocephalus sind jedoch nicht vorhanden. Etwas vor der Mitte derselben geht eine vertikale Naht bis zur Mitte des linken Scheitelbeins und noch etwas darüber hinaus; am oberen Ende derselben sind feine Zähnelungen zu bemerken, die in der unteren Strecke schwinden.

14. Schädel von *Papio maimon* aus Lolodorf (Südkamerun). Berliner Zoologisches Museum, Nr. 23 vom 28. Februar 1907. Im rechten Scheitelbeine finden sich zwei deutliche, zackige Nähte, die eine läuft vertikal von der Sagittalnaht, etwas vor deren Mitte, ab bis in das untere Drittel des Scheitelbeins hinein; sie würde bei vollständigem Durchgehen das Scheitelbein in ein größeres hinteres und ein kleineres vorderes Stück geteilt haben. Ferner verläuft von der Mitte der Lambdanaht eine zweite Naht nach vorn

und zugleich etwas schräg abwärts auf das untere Ende der eben beschriebenen Vertikalnaht zu, welches sie nicht ganz erreicht, indem sie, in ihrem letzten Stück ohne Zackung, fein ausläuft.

C. Obliterierte Nähte, Nahtspuren.

15. Schädel von *Colobus guereza*. Berliner Zoologisches Museum vom 6. September 1900. (Der Schädel trug keine besondere Nummer, sondern nur die Bezeichnung: *Colobus guereza*. Neumann. 6. September 1900.) Auf dem rechten Scheitelbein zieht eine lineare, leicht gewulstete Erhabenheit herab vom Lambda bis in den Angulus sphenoidalis hinein, dessen Kronennahtschenkel sie nicht ganz erreicht. Nach Lage, Verlauf und Vergleich mit anderen echten Nähten kann diese Bildung wohl nur als eine obliterierte schräge Intraparietalnaht gedeutet werden.

16. Schädel eines Orang, ♂, von der Insel Sumatra. Berliner Zoologisches Museum, Nr. 6420. Wie bei dem Schädel Nr. 15 von *Colobus guereza* zieht an dem Orangschädel eine lineare gewulstete Leiste vom hinteren Ende der Sagittalnaht unterhalb des Kammes schräg über das rechte Scheitelbein hinweg zur Gegend des Angulus sphenoidalis. Der Fall ähnelt der von Frassetto (14) gleichfalls bei einem Orang beschriebenen Naht, die jedoch nicht obliteriert war.

17. Schädel von *Macacus affinis cynomolgus*, Berliner Zoologisches Museum. Nr. 17. Auf dem rechten Scheitelbeine findet sich eine ähnliche lineare Leiste wie in Nr. 15 und 16; sie zieht von der Mitte der Schläfenlinie hinab bis zur Schuppennaht und teilt das Scheitelbein unterhalb der Schläfenlinie in zwei nahezu gleiche Stücke. — Oberhalb der Schläfenlinie ist keine deutliche Spur zu sehen.

In der nachfolgenden Besprechung der mitgeteilten Fälle beschränke ich mich auf einige derjenigen Punkte, die in den ausführlichen Darstellungen von J. Ranke (38), F. Frassetto (13), G. Schwalbe (44), A. Hrdlička (23) und Bolk (3) erörtert worden sind. Ich wähle diejenigen heraus, die mir einer Bestätigung wert erscheinen, sowie diejenigen, bei denen ich zu einer abweichenden Ansicht gelangt bin.

I. Entwicklung des Parietale.

Vorauf schicke ich, in weiterer Ausführung des bereits bei der Beschreibung der betreffenden Fälle Angegebenen, einiges über die für die Scheitelbeinteilung so wichtige Frage der Entwicklung des Parietale. Wir verdanken, wie vorhin angeführt, C. Toldt (47) den Nachweis, daß das menschliche Parietale der Regel nach aus zwei ziemlich genau übereinander liegenden Ossifikationszentren, die bald nach ihrem Erscheinen verschmelzen, entsteht. Toldts Entdeckung wurde 15 Jahre später (1897) durch Staurenghi (8), dann, 1899, durch J. Ranke (38) und S. Bianchi[1] 1893 und 1903 und im selben Jahre durch Schwalbe (44) im wesentlichen bestätigt. Schwalbe, der die entwicklungsgeschichtlichen Daten eingehend diskutiert, meint einen Unterschied zwischen den Befunden Toldts und Bianchis einerseits und denen Rankes und Staurenghis anderseits machen zu sollen. Bei Toldt und Bianchi wird die Entwicklung so dargestellt, daß in der 11.—13. Woche des embryonalen Lebens (Toldt) innerhalb eines weitmaschigen Netzes zarter Knochenbälkchen sich zwei übereinander liegende dichtere Zentren ausbilden, während Ranke und Staurenghi zwei vollständig getrennte Ossifikationszentren beschreiben. Ich gestehe nun, daß ich einen durchgreifenden Unterschied in diesen Darstellungen nicht finden kann. Das Parietale bipartitum läßt sich ohne Schwierigkeit auf die beiden Zentren zurückführen, mögen sie nun anfangs völlig getrennt sein, oder durch zarte Knochenbälkchen zusammenhängen. Malls Schilderung (30) stimmt eher mit Toldt; er sagt (S. 445 a. a. O): „On the 56th day it appears as a very delicate reticular nucleus, about 3 mm in diameter, which can be seen only with difficulty. A few days later it is found spreading towards the occipital bone and the middle line. It is now hourglass shaped, each end of which is about 4 mm. in diameter and may represent the two centres described by Toldt. At this time the nucleus near the sphenoidal angle

[1] Die im Jahre 1893 veröffentlichte Angabe Bianchis (Monitore zoologico italiano. Vol. IV, Anno IV, 1893, S. 17) beschränkt sich auf den kurzen Satz: «Lo stesso cranio presenta la rara divisione del centro osseo del parietale sinistro».. In der Mitteilung aus dem Jahre 1903 spricht sich der Verfasser, der die beiden Ossifikationszentren an 18 Feten nachwies, für ihr regelmäßiges Vorkommen aus.

is more extensively ossified and its reticular structure is coarser than in the nucleus in the occipital angle of the parietal bone." Macklin (28) in seiner ausführlichen Beschreibung des Schädels eines menschlichen Fötus von 40 mm Länge, also vom Ende des 2. Monats, spricht nur von einer rautenförmig gestalteten knöchernen Anlage des Parietale: »Situated some distance about the otic capsule and forming a part of the side wall of the cranial cavity is the network of bone which is the Anlage of the future parietal. It is roughly of diamond shape with the long axis cranio caudally.« Die einfache Anlage um diese Zeit scheint also die Regel zu sein.

Später hat Maggi (29) drei und vier Ossifikationszentren angegeben, und Frassetto (12—17 sowie briefliche Mitteilung vom 30. März 1915) nimmt, wesentlich sich stützend auf das Vorkommen sowohl von horizontal wie von vertikal verlaufenden Nähten im Scheitelbein (bei Affen), vier Ossifikationszentren als mögliche im Scheitelbein an. Siehe insbesondere die von ihm in seinen Lezioni di Antropologia (17) gegebene schematische Figur.

Bei den hier angegebenen Differenzen schien es mir nicht überflüssig, abermals die Entwicklung des menschlichen Scheitelbeins zu untersuchen. Ich fand — s. die Figuren 4 und 5 Tafel II — bei einem und demselben männlichen Embryo von 111 mm Körperlänge auf der rechten Seite, s. Fig. 4, noch die beiden von Toldt entdeckten Verknöcherungszentren deutlich getrennt und in der Weise, wie Toldt es beschrieben hat, inmitten feiner Knochenspicula, während an der linken Seite, s. Fig. 5, die beiden Zentren schon fast vollständig verschmolzen waren; man konnte jedoch, vgl. die Figur, noch eine feine Trennungslinie zwischen den beiden Ossifikationsheerden wahrnehmen. Mehr Verknöcherungszentren habe ich bei menschlichen Feten nicht gefunden. Ich habe diesen Fall hier beschrieben und abbilden lassen und bespreche ihn noch genauer, weil er mir in mehrfacher Beziehung besonders bemerkenswert erscheint. Zunächst hat er ein Interesse durch die verschieden vorgeschrittene Entwicklung auf beiden Seiten desselben Schädels, die sich auch an dem von Bianchi abgebildeten Fetusschädel findet[1]. Es erklärt dieses das überwiegend einseitige Bestehen der gewöhnlichen Intraparietalnaht. Weiter-

[1] Wahrscheinlich wird sich diese Verschiedenheit meistens finden.

hin ist die ungleiche Größe der beiden Zentren zu beachten sowie die schiefe Lage der beginnenden Verwachsungslinie (Fig. 5). Ferner erinnere ich an das vorhin über die Beziehungen der beiden Zentren zum Tuber parietale Gesagte.

Ich habe aus meinen entwicklungsgeschichtlichen Präparaten noch die Fälle Fig. 3 und 6, Taf. II, abbilden lassen, weil sie mir ebenfalls Neues zu bieten scheinen. In Fig. 3 dürfte wohl einer der jüngsten bisher beschriebenen Fälle eines geteilten Scheitelbeins beim Menschen dargestellt sein; auch hier liegt das Tuber im oberen Stücke. In Fig. 6 haben wir wahrscheinlich einen Fall vor uns, der die Bildung der von Ranke beschriebenen hinteren Randspalte — auch vorn bemerkt man eine kleine Kerbe sowie auch in der Mitte — vorführt.

Beim Menschen scheint es mir, nach eigenen Untersuchungen und nach der kritischen Beleuchtung der bis jetzt bekannt gegebenen Fälle durch Schwalbe, auf die ich verweise (Nr. 44, S. 391 ff.), sicher zu sein, daß wir als Regel nur die beiden Toldtschen Ossifikationszentren haben. Ich halte es indessen nicht für ausgeschlossen und stimme hier mit Hrdlička (a. a. O. 23) überein, wie auch mit Coraini (S)[1], daß ein oder das andere Mal ein drittes Zentrum, aber auch ein viertes vorkommen könne, wenn auch als große Seltenheit[2]. Bei den Affen mag das häufiger vorkommen. Wir können aber bei dem jetzigen Stande unseres Wissens nicht so weit gehen wie Frassetto in seiner Annahme von vier Ossifikationszentren als schematische Regel, auch bei den Tieren nicht. Bei diesen fehlt uns leider die Kenntnis der Entwicklung der Scheitelbeine fast vollständig. Schwalbe (44, S. 405) zitiert eine Angabe von Maggi (Archives italiennes de Biologie T. 30, 1898), der bei einem Lemuriden (Stenops gracilis) zwei Ossifikationszentren des Parietale gefunden hat. In der eingehenden Darstellung der Entwicklung des Schädels von Gaupp (20) finde ich nichts über diese Verhältnisse bei Tieren.

Unter denjenigen Autoren, die von Schwalbe nicht mehr berücksichtigt werden konnten, möchte ich insbesondere Le Double (11) an-

[1] Wenn hinter einem Autorennamen nicht eine Nummer in der Klammer steht, sondern der Buchstabe S. so bedeutet dies, daß das betreffende Zitat sich in der Arbeit Schwalbes (44), in deren Literaturverzeichnis findet.

[2] In der zitierten Abbildung von Bianchi (1) zeigt sich noch ein dritter kleiner Knochenkern; es ist aber nicht ersichtlich, ob er zum Gebiet des Parietale gehört.

führen, da er auch eingehender auf die Entwicklungsverhältnisse des Scheitelbeines beim Menschen zu sprechen kommt. Es heißt bei ihm (S. 114):

»Sur de Crânes de foetus humains âgés de 2 à 3 mois il est facile de s'assurer que, dans l'espèce humain, le pariétal naît normalement de deux délicats reseaux osseux disposés obliquement l'un en dessous de l'autre; un antérieur et supérieur et un postérieur et inférieur« . . . .

»La fusion entre les mailles et les trabecules des deux réseaux qui se fait dans le courant du 5 mois, est encore révélée dans le six mois par deux incisures occupant, l'une le bord antérieur, l'autre le bord postérieur de l'os« . . . .

»Quant à la direction si variable de la suture intrapariétale, à la forme et à la grandeur si dissemblables parfois de chacun des deux fragments des pariétaux bipartites, elles trouvent leur application dans le fait que le noyon d'ossification dont dérive chacun des fragments susdits n'évolue pas toujours aussi rapidément que l'autre.«

Hierzu ist folgendes zu bemerken: Zur Erklärung der Verschiedenheiten der beiden Scheitelbeinstücke kommt auch die Verschiedenheit in der Form und Größe der ersten Anlage der beiden Ossifikationszentren in Betracht, nicht nur die Verschiedenheit in ihrer weiteren Entwicklung. Sie scheinen mir beide der Regel nach gleich von ihrer ersten Anlage an verschieden zu sein; das obere Stück ist zumeist das größere und bleibt es auch in den typischen Fällen, wo wir es mit einer schief zwischen Kronen- und Lambdanaht verlaufenden Naht zu tun haben, wie in den von mir abgebildeten Fällen. Ferner bemerke ich, daß die Verschmelzung der beiden Zentren bei der normalen Entwicklung zu einem einheitlichen Scheitelbeine früher zustande zu kommen pflegt, als es Le Double angibt. Die von Le Double angegebene Lage der beiden Zentren zueinander stimmt mit der von mir und Staurenghi (8) beschriebenen nicht überein. Das obere Zentrum liegt etwas mehr kaudal. Ich lasse aber, wie bemerkt, auch Variationen in der Lage der Zentren gelten (s. S. 9). Der von Bianchi mitgeteilte Lagebefund stimmt mit Le Double's Angabe überein.

II. Welche Trennungslinien am Parietale können als Nähte angesehen werden?

Die Bildung einer Naht setzt, ebenso wie die einer Fontanelle, das Bestehen zweier oder mehrerer ursprünglich vollständig getrennter Knochenstücke voraus. Deshalb müssen wir bei unserer Untersuchung die von Ranke aufgestellten und von Schwalbe eingehend besprochenen »Randspalten« völlig ausschließen. Diese Bildungen zeigen auch niemals die sonst bei den meisten Nähten des Schädeldaches, zu denen auch die Parietalnaht gehört, vorhandenen charakteristischen Zähnelungen. Die Randspalten sind nach Schwalbe Bildungen, welche in eine einheitliche ursprüngliche Knochenanlage von dem einen oder dem anderen Rande derselben her eindringen und sich als nicht sich schließende spaltförmige Lücken zwischen den vorwachsenden Knochenstrahlen oder Knochenbälkchen der betreffenden einheitlichen Anlage erweisen. Am Schlusse dieses Kapitels komme ich auf diejenigen Randspalten, die als Reste einer echten Parietalnaht gedeutet werden können, zurück.

Es gibt nun vollständige und unvollständige Parietalnähte. Vollständig nennen wir alle diejenigen, welche von einer der Grenznähte des Parietale bis zu einer anderen durchlaufen, unvollständige alle diejenigen, welche eine zweite Grenznaht nicht erreichen. Bei den vollständigen Nähten sind nun wieder Unterabteilungen zu machen, die man als Gegennähte oder Polnähte, Suturae contralaterales s. polares und als Winkelnähte, Suturae angulares, bezeichnen kann. Die Gegen- oder Polnähte verbinden je zwei gegenüberliegende typische Grenznähte des Parietale miteinander, also entweder die Kronennaht mit der Lambdanaht — diese werden als die horizontalen Parietalnähte bezeichnet — oder die Sagittalnaht mit der Schuppennaht, die man die vertikalen Scheitelbeinnähte nennt. Ein rein horizontaler Verlauf der Parietalnähte, den Schädel in der Haltung der deutschen Horizontale gedacht, ist selten; die meisten laufen schief, und zwar sowohl oben von der Koronalnaht zu einer unteren Stelle der Lambdanaht wie auch umgekehrt. Sehr selten ist eine Teilung des Scheitelbeins in zwei gleiche Stücke; öfter kommt das noch bei den vertikalen Teilungen vor. Die Differenzen in der Größe der beiden Teilstücke sind sehr verschieden.

Bei den Winkelteilungen kommen gleichfalls allerlei Verschiedenheiten vor, und zwar in ganz allmählichen Übergängen. Entweder schneidet die Naht einfach selbst gerade laufend den Scheitelbeinwinkel ab, oder sie verläuft selbst rechtwinklig oder stumpf- oder spitzwinklig. Ein schönes Beispiel rechtwinklig verlaufender Angularnaht zeigt die Textfigur 1. Alle vier Winkel des Parietale können so abgeschnitten sein und bilden dann die parietalen Angularknochen; am häufigsten scheint das Os angulare mastoideum zu sein. Es erhebt sich von selbst die Frage, wie klein denn das abgeschnittene Winkelstück werden dürfe oder vielmehr, wie groß es mindestens bleiben müsse, damit man noch von einer Teilung des Scheitelbeins sprechen könne, oder, mit andern Worten, damit man die betreffende Winkelnaht noch als eine Intraparietalnaht ansehen könne. Es muß hier vor allem hervorgehoben werden, daß eine ansehnliche Reihe von Übergängen zwischen der Größe der Winkelstücke und von diesen wieder bis zu den nahezu vollständigen Teilungen durch Gegennähte beobachtet sind; ich verweise hier auf die Figuren.

Ein klares Beispiel von solchen Übergangsformen bietet die vorhin angeführte Textfigur 1 im Vergleich zu dem von Hrdlička beschriebenen Fall einer doppelseitigen Teilung gleichfalls bei einem Schimpansen (23, S. 243). Am rechten Scheitelbein fand sich hier eine Winkelnaht von ähnlicher Größe, wie sie in meiner Textfigur 1 abgebildet ist; am linken Scheitelbein ging sie fast bis zum Lambdapunkt durch. Grundsätzlich müssen wir somit sagen, kann die Größe des abgetrennten Stückes kein Hindernis abgeben, es als ein Teilstück des Parietale anzuerkennen bzw. die betreffende Naht in die Reihe der Parietalnähte zu stellen. Praktisch erweist sich die Frage jedoch als müßig, wenn man bei ganz minimalen Teilstücken sie stellen würde; das ist überall so in den Grenzgebieten der Naturprodukte, namentlich bei den lebendigen, um nur eines zu nennen, bei der Feststellung der Arten im Tier- und Pflanzenreich: Natura non facit saltus!

Bolk (3.) behandelt gleichfalls diese Verhältnisse der Parietalnaht; ich führe hier von seinen Äußerungen folgendes an: »Wie schon betont, bilden die Figuren 54, 51 und 50 eine Serie, worin das untere Teilstück« (es handelt sich um einen sphenoidalen Angularknochen — Zusatz von mir) »des Parietale regelmäßig kleiner wird. Wie weit kann diese Verringerung gehen? Wann hört das untere Teilstück auf, ein reelles Element des

Parietale darzustellen, um zum Werte eines Fontanellknochens, zu einem Os epiptericum herabzusinken? Ich stelle diese sich von selbst aufdrängende Frage nur; ausgedehnte vergleichende Untersuchungen der Schläfenregion und besonders eine mehr ausgiebige Kenntnis der Nahtanomalien und sonstiger Variationen sind eine notwendige Vorbedingung, um die Antwort auf diese Frage zu bringen, und nicht weniger, um in letzter Instanz zu entscheiden, ob überhaupt die Frage an sich nicht fälschlich gestellt ist.«

Anders liegt die Sache bei denjenigen Fällen, die von Schwalbe (44) als extraparietale Stücke bzw. Teilungen aufgestellt sind. Verstehe ich Schwalbe recht, so meint er damit Fälle, bei denen sich ein Parietale in gewöhnlicher Weise bildet, während es durch breite Nähte oder große Fontanellen, wie sie bei Hydrocephalen vorkommen, von den Nachbarknochen getrennt bleibt. Das normal entstandene Parietale wird in diesem Falle, wenn der Schädel im ganzen nur seine gewöhnliche Größe erreicht, im Verhältnis zur Breite der Nahtstellen kleiner sein, kann aber bei ansehnlicher Hydrocephalie auch größer sein als in der Norm. Wenn nun in einer oder anderen der breiten Nähte später noch ein besonderer Knochen sich ausbildet und sich dem bestehenden Parietale anlegt, dasselbe sozusagen ergänzend, so spricht Schwalbe von einem extraparietalen Teilstück und einer extraparietalen Naht. Da es sich hierbei wohl immer um pathologische Zustände handelt, so glaube ich, solche Fälle nicht mit in Betracht nehmen zu sollen. Auch hier muß man jedoch die Übergänge im Auge behalten. Bolk (3, S. 27) beschreibt einen dahin gehörigen langen schmalen Nahtknochen bei einem Cebiden, trägt jedoch kein Bedenken, ihn als ein Teilstück des Parietale anzusehen. Vgl. hierzu auch Giuffrida-Ruggeri (21).

Schwierig gestaltet sich der Entscheid über die Fälle, welche insbesondere Bolk in seiner ausgezeichneten Arbeit eingehend diskutiert. Schon Ranke hat darauf hingewiesen, daß es, namentlich beim Orang, eine bestimmte Stelle an der Kronennaht gibt, von der meistenteils die dort vorkommenden horizontalen Gegennähte ihren Ausgang nehmen. Es ist dies die auch in Tafelfig. 9 leicht ersichtliche Stelle, die durch einen einspringenden Winkel von seiten des Stirnbeines oder, wie man auch sagen kann, durch einen in das Stirnbein vorspringenden Fortsatz des unteren Teiles des Scheitelbeines gekennzeichnet ist. Hier findet sich nicht selten ein kleinerer oder größerer Nahtknochen, wie man ihn auf den ersten Blick

bezeichnen würde. Vgl. die Abbildungen Fig. 55 S. 121 bei Bolk vom Orang und Fig. 36 S. 333 bei Ranke (38) vom neugeborenen Menschen. Nun kommen auch Fälle vor, wie der in Rankes Fig. 16 abgebildete, wo von dieser Stelle eine anfangs horizontale Naht ausgeht, sich aber nach längerem oder kürzeren Verlauf nach unten umbiegt und, ohne die Schuppennaht zu erreichen, endet. Es ist nun, abgesehen davon, daß die Naht doch, nach Überwindung der Umbiegung, horizontal weiter ziehen könnte, wenn man dies umgebogene Stück gekrümmt weiter laufen läßt, zweierlei möglich: entweder trifft es die Schuppennaht, dann wird ein sphenoidaler Angularknochen herausgeschnitten, oder es kehrt zur Koronalnaht zurück, dann bekommen wir einen anscheinenden Nahtknochen oder auch Fontanellknochen, denn an den Stellen, wo die betreffende horizontale Parietalnaht in die Kronen- oder Lambdanaht einmündet, trifft man nicht selten fontanellenartige Erweiterungen, wie dies insbesondere an den von Hyrtl (8) beschriebenen und auch bei Ranke bildlich wiedergegebenen Fällen (Fig. 33, 34, 35 bei Ranke [38]) ersichtlich ist. Bolk diskutiert nun die Frage, wie ein solches Knochenstück bzw. die es umgreifende Naht zu bewerten sei. Es heißt bei ihm (S. 122), daß ohne Zweifel der Fall des völlig umschriebenen, einem Nahtknochen ähnlichen Knochenstückes und der Fall der von Ranke (Fig. 16) abgebildeten Naht vollständig identisch seien. Aber dann eröffneten sich, beide Fälle in ihrem Zusammenhange betrachtet, neue Gesichtspunkte, die zu zwei divergierenden Anschauungen Anlaß gäben, je nach der apriorischen Deutung des in Frage stehenden Knöchelchens. Nimmt man es als einen indifferenten Nahtknochen, dann stellt auch der in Fig. 16 bei Ranke (Fig. 56 bei Bolk) abgebildete Fall nur einen zum Teil mit dem Parietale verwachsenen Nahtknochen dar; aber dann muß man folgerichtig alle die sogenannten unvollständigen Parietalnähte, welche z. B. beim Orang an derselben Stelle aus der Kranznaht hervortreten, nicht als solche Nähte auffassen, sondern als Bruchstücke einer Naht, welche einen fötalen Schaltknochen umgrenzt. Dann ergibt sich aber das Merkwürdige, daß es beim Orang so oft an einer typischen Stelle zur Anlage eines Schaltknochens an der Kranznaht kommt, der, soweit bis jetzt bekannt, stets an seinem unteren Rande zuerst und vollständig mit dem Parietale verwächst und welcher stets nur das Gebiet des Parietale mehr oder weniger einschränkt und nie das Gebiet des Frontale.

Die zweite Anschauungsweise gründet sich auf die Deutung, daß der fragliche Nahtrest wirklich ein Rudiment einer echten Parietalnaht sei, welche Auffassung sich stützt auf die Tatsache, daß die vollständigen Parietalnähte beim Orang aus der identischen Stelle der Kranznaht ihren Ausgang nehmen. Mit dieser Deutung muß man folgerichtig auch den anscheinenden Nahtknochen als das Homologon des unteren Teilstückes eines Parietale bipartitum betrachten, welches zur Größe eines gewöhnlichen Schaltknochens reduziert erscheint. »Wir sahen«, fährt Bolk fort, »daß bei seiner Verkleinerung das untere Parietale sich immer mehr in die vordere untere Ecke der Scheitelregion zurückzieht, und es läßt sich allerdings denken, daß das obere Parietale infolge bestimmter Wachstumsvorgänge bei geringer Entfaltung (des unteren Parietale — Zusatz von mir —) eine Berührung des unteren Parietale mit dem Temporale vorbeugt, wodurch ersteres vollständig in die Kranznaht eingeschlossen erscheint.« Bolk neigt zu dieser Auffassung, daß also der an dieser Stelle öfter vorkommende kleine Schaltknochen ein Homologon des unteren Parietale sei und die ihn umkreisende Naht oder deren Bruchstücke Teilen einer echten Parietalnaht entsprechen; er hält jedoch diese Angelegenheit noch nicht für völlig spruchreif. Ich schließe mich der Auffassung Bolks an, bemerke indessen, daß es Fälle geben mag, in denen der kleine Knochen als ein echter Fontanellknochen aufgefaßt werden müßte. Denn an der Stelle, wo die Parietalnaht aus der Kranznaht ihren Ursprung nimmt, findet sich, wie bemerkt, nicht selten eine kleine Fontanelle, in der sich ein Knochen entwickeln kann, der in das Gebiet des Parietale einverleibt werden kann, ohne das Frontale zu beeinträchtigen.

Es können an einem und demselben Scheitelbeine zwei vollständige Nähte vorkommen, von denen dann die eine mehr horizontal, die andere mehr vertikal verläuft. Dadurch wird das Parietale in vier mehr oder weniger gleiche Stücke geteilt. Frassetto (13) teilt einen solchen Fall von Cercopithecus callithrix mit, den ich keinen Anstand nehme, als echten Scheitelbeinteilungsfall anzusehen. Es fand sich 1. eine horizontale Naht und 2. eine vertikale, beide als volle Gegennähte, dazu 3. eine zweite von der Horizontalnaht ausgehende vertikale in dem unteren Teilstücke des Parietale. Meistenteils liegt aber bei zwei Parietalnähten in demselben Scheitelbein die Sache so, daß die eine vollständig als Gegennaht durchgeht, während die andere, mehr oder weniger rechtwinklig zu ihr stehende,

diese nur trifft; damit kommt es denn zu einem Parietale tripartitum. Bei Tierschädeln kommt dies nicht selten vor; beim Menschen selten. Einzelne vom Menschen beschriebene derartige Fälle sind bezweifelt worden. Doch darf man wohl zwei von Maggi (29) mitgeteilte mit Giuffrida-Ruggeri (21) als richtig gedeutet anerkennen. Diese Dinge sind besonders in der italienischen Literatur reichlich diskutiert worden, wozu ich auf die Mitteilungen von Bianchi (1), Frassetto (12—17), Fusari (18, 19), Giuffrida-Ruggeri (21, 22), Maggi (26) und Marro (32, 33) verweise.

Hier erhebt sich nun wiederum eine Schwierigkeit, und zwar in der Frage, wie viel Nähte man denn in einem und demselben Parietale noch zulassen könne, um sie als typische Nähte dieses Knochens anzuerkennen. Darüber muß die vergleichende Anatomie und die Entwicklungsgeschichte Aufschluß geben. Solange wir über die normale Entwicklung des Scheitelbeins bei den Säugetieren nicht besser aufgeklärt sind als heute, läßt sich keine bestimmte Antwort geben. In extremen Fällen, wie ein solcher von Bolk mitgeteilt ist, findet man an Stelle eines Parietale eine große Anzahl kleiner Knochenstücke; vielfache Teilstücke zeigen oft hydrocephalische und rachitische Schädel. Man kann als sicher für den Menschen hinstellen, daß mehr als drei oder vier Stück an Stelle des einen oder des andern Scheitelbeins auf pathologische Zustände zu beziehen sind. Das dürfte auch für die Säugetiere gelten, so daß ich den mehrfach, unter anderm von Le Double erwähnten Fall von Parietale partitum bei einem Bärenschädel aus dem Pariser Museum für pathologisch halte. Die Zahlen 3 und 4, die ich als normale Teilstücke zulassen möchte, begründe ich damit, daß je eine horizontale und je eine vertikale Naht als entwicklungsgeschichtlich und vergleichend anatomisch begründet anzuerkennen sind; somit können wir wohl die Kombinationen beider Nähte als Normalfälle zulassen, während mehrere Teilstücke als abnorme Bildungen anzusprechen wären. Will man nun zu einem Entscheide darüber kommen, wie sich statistisch die Häufigkeit des Vorkommens eines Parietale partitum in der Tierreihe gestaltet, dann muß man sich streng an die entwicklungsgeschichtlich und vergleichend anatomisch begründeten Arten der Parietalnähte halten. Ich werde daher in dieser Beziehung nur die Fälle mit horizontaler und vertikaler Naht und ihre einfachen Kombinationen in Betracht ziehen.

Es ist erforderlich, noch einmal auf die »Randspalten« zurückzukommen. Unter ihnen sind zwei, welche eine Sonderstellung einnehmen. Die erste läßt sich bis jetzt mit hinreichender Sicherheit nur beim Orang, vielleicht auch noch bei einigen Katarrhinen bestimmen; sie geht von der vorhin erwähnten Stelle aus, die auch den Ausgangspunkt der echten vollständigen Parietalnaht bildet und schon von Ranke (38), später auch von Bolk (3), in Betracht gezogen ist. Wenn von dieser Stelle an der Kronennaht oder gegenüber an der Lambdanaht eine Spalte in das Scheitelbein eindringt, so kann diese, wenn sie auch nicht die Charaktere einer echten Naht zeigt, dennoch als eine unvollständige, abortive Form einer solchen aufgefaßt werden müssen, namentlich wenn sie von erheblicherer Länge ist.

Die zweite Randspalte besonderer Art ist diejenige, welche mit der Bildung des Foramen parietale zusammenhängt, d. h. mit der sogenannten Gerdyschen Fontanelle, worüber vornehmlich Ranke ausführlich gehandelt hat (38, S. 62 des Sonderdrucks, 336 der Abhdl.). Ich gehe, da ich bei Besprechung der Statistik diese Bildungen nicht berücksichtigen werde, nicht näher auf sie ein.

III. Die Parietalnähte bei jungen menschlichen Feten. Einseitiges und doppelseitiges Vorkommen. Verhalten zur Zona falciformis.

Meine Untersuchungen ergänzen in einer Beziehung, wie mir scheint, das bisher Bekannte, als ich in Fall 5 und 6 Beispiele von Intraparietalnähten bringe, die aus dieser Altersperiode von normalen Fetenschädeln noch nicht oder doch nur in sehr wenigen Fällen bekanntgegeben waren. Hyrtl (S) hat zwar zwei Fälle aus dem 4. und 5. Fetalmonate beschrieben; indessen ist Schwalbe (44, S. 390) geneigt, für beide Fälle Hyrtls Hydrocephalie anzunehmen, was bei meinen Fällen sicherlich nicht zutrifft. Will man aber, was ich natürlich nicht ausschließe, annehmen, daß diese Nähte nicht bis zum erwachsenen Zustande des Schädels sich erhalten hätten, so behalten sie doch insofern ihren Wert, als sie weitere Schritte in der Entwicklung des menschlichen Scheitelbeins festlegen.

Ein bisher nicht geklärter Befund ist der des meist einseitigen Vorkommens der Scheitelbeinteilungen aller Formen, sowohl bei Menschen wie bei Affen. Ich lasse die übrigen Tierformen hier aus, weil bei

diesen — s. weiter unten — bis jetzt diese Teilungen überhaupt nur in wenigen Fällen beobachtet sind. Doppelseitige und namentlich dann gleichförmige Teilungen sind den einseitigen gegenüber selten. Vielleicht kann hier der Befund, den ich in den Tafelfiguren 4 und 5 abbilden ließ — Text S. 9 —, einen Anhaltspunkt geben. Wenn in der Tat bei einem und demselben Schädel die Entwicklung der Scheitelbeine schon zu so früher Zeit Ungleichheiten erkennen läßt, so können diese bei Einflüssen, die zur Erhaltung einer Intraparietalnaht führen, sich geltend machen und geltend bleiben.

Bemerkenswert erscheint mir das Verhalten der Zona falciformis zur Intraparietalnaht, worauf ich schon bei der Beschreibung des menschlichen Schädels (Fig. 1, Taf. I) aufmerksam gemacht habe. Die Zona verhält sich zur Intraparietalnaht ebenso wie zur Kronennaht; sie zeigt an der Stelle, wo sie von der Naht geschnitten wird, eine Einbiegung. Besonders deutlich ist dies in der zitierten Figur zu sehen. An den von mir beobachteten Fällen, wo die Zona falciformis beteiligt war, zeigte sich noch das weitere Verhalten, daß die Intraparietalnaht vor und oberhalb der Zona zackenreich, hinter und unter ihr zackenarm war. Das gleiche Verhalten finden wir bekanntlich sehr häufig auch bei der Kronennaht oberhalb und unterhalb ihres Schnittpunktes mit der Zona falciformis. Bei den teilweise obliterierten Scheitelbeinnähten war dieser hintere und untere Teil bemerkenswerterweise auch der obliterierte. Zunächst sind noch weitere Beobachtungen nötig, um diesen Befunden eine Erklärung zu geben; der Einbiegung der Zona kommt aber unzweifelhaft eine nicht unwichtige Bedeutung insofern zu, als bei zweifelhaften Fällen eine Spur, als von einer echten Parietalnaht herrührend, anerkannt werden kann, wenn sie die Zona schneidet und an der betreffenden Stelle eine deutliche Einbiegung vorhanden ist.

Calori (8) gibt eine ausgezeichnete Abbildung eines Falles von doppelseitiger vollständiger Intraparietalnaht am Schädel einer 37jährigen Frau. Rechts beginnt die Naht, von der Sutura coronaria ausgehend, in der Nähe des Bregma ohne Einschiebung eines Os wormianum; sie trifft auf die Zona falciformis an einer Stelle, die senkrecht über dem Asterion liegt — Schädel in deutscher Horizontalstellung gedacht —, und folgt nun der Zona bis zur Lambdanaht. Links beginnt die Intraparietalnaht an der Kronennaht, unter Einschiebung eines kleinen Os wormianum, in einer Entfernung von 46 mm ab Bregma, nahe der oberen Schläfenlinie, läuft mit

dieser bis zur Frontalebene des Asterion, verläßt dort die obere Schläfenlinie und geht unter Einschiebung Wormscher Knochen zur Lambdanaht. Der Verlauf der Zona falciformis wird nicht beeinflußt, da die Naht sie nicht schneidet.

An den untersuchten Tierschädeln konnte ich eine solche Einbiegung nicht deutlich erkennen. In dem Falle der Textfigur 5 (Cercocebus albigens) trifft die vertikale Naht den hinteren breiteren Teil der Zona; dieser war hier aber so undeutlich, daß man von einer Einbiegung sich nicht versichern konnte. Die horizontale Naht lief fast in ihrer ganzen Länge innerhalb der Zona (s. die Figur). Beiläufig sei im Anschlusse an diesen Befund bemerkt, daß ich dies Verhalten nicht etwa zur Stütze einer Ansicht, die vom Grafen Spee (46) angedeutet wurde, verwerten möchte. Spee (46, S. 113) sagt, in Anknüpfung an die von Hyrtl beschriebenen Teilungsfälle des Scheitelbeines: »Die Außenfläche des Scheitelbeins ist durch die Linea temporalis superior in eine obere, der Scheitelgegend, und in eine untere, dem Schläfenfelde angehörige Partie geteilt. Die Linie überschreitet das Tuber parietale und entspricht wahrscheinlich immer der Verwachsungslinie der beiden ursprünglich getrennten Scheitelbeinanlagen.« — Daß etwas Ähnliches vorkommen kann, lehrt der Fall des Cercocebus albigens; verallgemeinert darf es nicht werden. Hrdlička (23, S. 347) und K. v. Bardeleben (4) sprechen sich auch gegen Spees Meinung aus. V. Bardeleben geht aber wohl zu weit, wenn er (a. a. O.) sagt, daß man die Nahtspur beim Menschen etwa in der Hälfte der Fälle noch deutlich erkennen könne. Da müßte sie doch wohl an Kinderschädeln leicht zu konstatieren sein: dies ist jedoch nach meinen Erfahrungen nicht der Fall.

IV. Die bei südamerikanischen Nagern häufig vorkommenden Schaltknochen zwischen Parietale, Occipitale und Squamosum.

Hrdlička (23, S. 317) bespricht einen bei südamerikanischen Nagern häufig vorkommenden besonderen kleinen Knochen, der als ein Angularknochen des Parietale gedeutet werden könnte. Es heißt bei ihm: »There are in the American Museum numerous skulls of various species of South American rodents of the genera Ctenomys and Lagidium, every one of which skulls presents at the asteric angle a comparatively large, regular,

quadrate (more often) or triangular bone. This bone, which apparently is characteristic of these species, is either a regular fontanel bone, or a separation of the postero-inferior angle of the parietal. The former of these suppositions seems more probable, but the point can only be settled by further observations particular on the young of the species.«

Wenn sich die Annahme, daß dieser Knochen zum Parietale gehöre, beweisen ließe, so läge in der Tat ein für die Scheitelbein-Teilungsfrage sehr bemerkenswerter Fall vor. Ich zog daher die im hiesigen Zoologischen Museum befindlichen Schädel südamerikanischer Nager in den Kreis meiner Untersuchungen. Der von Hrdlička angegebene Befund konnte durchaus bestätigt werden. Am beständigsten und am besten ausgebildet fand ich das Knöchelchen bei *Lagidium*, aber auch bei *Dasyprocta*-Arten, bei *Octodon*, *Habrocoma* u. a. Der Knochen liegt zwischen Parietale, Occipitale und Squamosum. Es fehlen mir leider auch die nötigen Entwicklungsstufen, um die Frage, ob es sich um einen Fontanellknochen oder um einen zum Parietale gehörigen Angularknochen handle, zu entscheiden. Niemals fand ich eine Verwachsung mit dem Parietale, wohl aber in einem Falle bei *Dasyprocta Aguti* eine, wie ich glaube, unzweifelhafte Verwachsung mit dem Squamosum derart, daß die Spur der ursprünglich trennenden Naht zwischen dem fraglichen Knochen und dem Squamosum eben noch zu erkennen war. Nun erstreckt sich ja das Squamosum bei vielen Nagern mit einem langen Fortsatz nach hinten und oben, und das Ende dieses Fortsatzes erscheint öfters etwas vergrößert. Ich halte es daher nicht für ausgeschlossen, daß der fragliche Nagerknochen ein freigewordenes Stück des Squamosum darstellt. Die Deutung als Fontanellknochen mag jedoch auch richtig sein; keinesfalls jedoch liegt hier ein zum Parietale gehöriges Stück vor.

In der Literatur finden sich bereits mehrfache Hinweise auf diesen merkwürdigen Knochen, so bei Wenzel Gruber in seinen Abhandlungen zur normalen und vergleichenden Anatomie und bei J. F. von Brandt: »Untersuchungen über die kraniologischen Verschiedenheiten der Nager der Jetztzeit«, Mem. der St. Petersburger Akademie der Wissenschaften, 1855, Fünfte Abhandlung. Gruber hielt die Knöchelchen für Wormsche Knochen, welche Ansicht v. Brandt ablehnt. Dieser rechnet sie zur Hinterhauptsschuppe, als deren losgelöste oder richtiger nicht mit ihr verwachsene Teile sie ihm erscheinen. Die Befunde bei *Pedetes* und bei *Lagidium* sprächen für diese Ansicht und — so fährt v. Brandt fort — »lassen sie als Analoga der oberen Hinterhauptsschuppe der Knochenfische erscheinen«. Dieser Auffassung ist sicherlich nicht beizupflichten.

V. Statistik der Parietalnähte.

Ein Hauptziel meiner Untersuchungen war festzustellen: 1. Ob die bisher vorliegenden Daten über die Häufigkeit des Vorkommens der Intraparietalnaht bei den Anthropoiden, Katarrhinen und Platyrrhinen an einem großen Material, wie es mir durch das hiesige Zoologische Museum geboten wurde, sich bestätigen ließen? 2. Ob die u. a. von Schwalbe geäußerte Ansicht, daß die Intraparietalnaht bei den Katarrhinen (Ostaffen oder Altweltsaffen) häufiger sei, als bei den Platyrrhinen (Westaffen, Neuweltsaffen) zu Recht bestehe? 3. Ob bei den unterhalb der Affen stehenden Säugetieren eine Intraparietalnaht auffallend viel seltener sei?

Was bis zum Jahre 1903, dem Datum der beiden monographischen Arbeiten von G. Schwalbe (44) und A. Hrdlička (23), bekannt war, ist am vollständigsten von letzterem zusammengestellt, zumal dieser Autor selbst ein reiches Material untersuchen konnte. Frassettos (13) und Bolks (3) große Arbeiten, obwohl neueren Datums, sind nicht in der vollständigen Weise für die Statistik zu verwerten, da Frassetto nicht überall die Zahl der von ihm untersuchten Schädel im ganzen angibt und Bolk sich auf die Anthropoiden und Affen beschränkt. Ich beziehe mich daher im folgenden hauptsächlich auf Hrdlička.

Die bisherigen Statistiken, aus denen namentlich Schwalbe wichtige Schlüsse über die Bedeutung der Intraparietalnaht gezogen hat, leiden an drei Mängeln. Erstens ist die Zahl der in Rechnung gebrachten Fälle zu gering, zweitens werden mehrfach die in der Literatur verzeichneten Fälle zusammengetragen, ohne daß man erfährt, auf wieviel untersuchte Schädel sich ein mitgeteilter Fall bezieht, endlich drittens werden vollständige und unvollständige Nähte in gleicher Weise verwertet, wobei kein Ergebnis, welches zu wichtigen Schlüssen berechtigte, herauskommen kann. Das große Interesse, welches die Intraparietalnaht von jeher geweckt hat, liegt in den vollständigen typischen Zweiteilungen, sowohl den horizontalen wie den vertikalen. Wir ersehen aus der Literatur und auch aus den hier beschriebenen Fällen, daß man bei Hinzuziehung aller unvollständigen Teilungen und der vorhin unter Abschnitt II beschriebenen Angular- und Fontanellknochen ähnlichen Stücke keine bestimmte Grenze feststellen kann. Ich werde mich daher im folgenden beschränken auf die Fälle von Parietale

bipartitum durch horizontale und vertikale Gegennähte und auf die Kombinationen, welche durch eine vertikale mit einer horizontalen Gegennaht gebildet werden, von denen aber mindestens eine vollständig sein muß. Da die vertikale Naht ebenso wie die horizontale Naht eine typische Zweiteilung erzeugt, so müssen auch die Kombinationen beider mit in Rechnung gebracht werden.

Weiterhin ziehe ich nur diejenigen Fälle in Betracht, bei denen vom Autor der Mitteilung auch die Gesamtzahl der überhaupt von ihm untersuchten Schädel der betreffenden Spezies angegeben ist; alle einzeln beschriebenen Fälle sind ja für eine Statistik, welche die relative Häufigkeit der Parietalnaht bei einer bestimmten Art angeben soll, wertlos.

Unter Anwendung dieser Grundsätze sind nun die nachstehenden Tabellen aufgestellt:

Tabelle I.

A. Menschen 1. Erwachsene Zahl der untersuchten Schädel	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
2000 Österreicher	I. Hyrtl	1	links, einseitig, vollständig.
3000 Südbayern	II. Ranke	4	a) 1 vollständige rechts, 1 unvollständige links } an demselben Schädel b) 1 Schädel mit doppelseitiger unvollständiger Teilung, c) u. d) je 1 Schädel mit unvollständiger Teilung rechts.
1000 Süddeutsche	III. Schwalbe	0	Die Zahl 1000 ist berechnet aus den Angaben Schwalbes, a. a. O., S. 402.
3400 (3000 Indianer und 400 nordamerikanische Weiße und Neger)	IV. Hrdlička	8	a) 2 Schädel mit je einseitiger vollkommener Teilung, zuerst beschrieben von Putnam, b) 6 Schädel mit je einer unvollständigen Teilung.

A. Menschen 1. Erwachsene Zahl der untersuchten Schädel	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
1460 Norddeutsche, Asiaten, Afrikaner, Australier, Polynesier, Amerikaner	V. von Waldeyer-Hartz	3	1 vollständige links, 1 unvollständige einseitige rechts, 1 unvollständige doppelseitige. Der unter Nr. 2 im Texte beschriebene Schädel aus der Jenenser Sammlung ist hier nicht mitgezählt, weil er in die Zahl der Berliner Schädel nicht mit hineingehört.
Gesamtzahl = 10860		16	Prozentsatz = 1 auf rund 680 (700).

Tabelle II.

A. Menschen 2. Ältere Feten und Kinder des ersten Lebensjahres Zahl der untersuchten Schädel	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
162	I. Ranke	0	Ranke (38) zählt zwar 18 Fälle auf. Ich folge indessen der von G. Schwalbe (44) S. 402 gegebenen Kritik dieser Fälle.
200	II. G. Schwalbe	0	
85	III. von Waldeyer-Hartz	0	Die Fälle von jüngeren Feten sind nicht mitgerechnet, da sie noch in das regelrechte Entwicklungsgebiet hineingehören. Auch die ausgesprochenen pathologischen Fälle — hydrocephalische und rachitische Schädel — sind hier nicht gezählt.
Gesamtzahl = 447		0	

Tabelle III.

B. Anthropoiden Zahl der untersuchten Schädel	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
Gorilla ..... 9 Schimpanse ... 11 Orang ..... 245 Hylobates ..... 227 Zusammen... 492	I. Ranke	16	Die Zahlen sind entnommen den beiden Veröffentlichungen Rankes (s. Nr. 38 und 39). 14 Fälle vom Orang (1 vollständige einseitige), 1 Fall vom Gorilla, unvollständig, 1 Fall vom Schimpansen, unvollständig.
Gorilla ..... 7 Schimpanse ... 2 Orang ..... 29 Hylobates ..... 2 Zusammen... 40	II. Hrdlička	1	Die Zahlen sind aus den drei Veröffentlichungen Nr. 23, 24 und 24a entnommen. Der Fall einer Parietalnaht betrifft einen Schimpansen, ist doppelseitig.
Gorilla ..... 16 Orang ..... 21 Siamanga ..... 24 Zusammen ... 61	III. Bolk	3	Alle 3 Fälle vom Orang.
Gorilla ..... 155 Schimpanse ... 166 Orang ..... 75 Hylobates ..... 106 Zusammen... 502	IV. von Waldeyer-Hartz	3	1 vom Schimpansen, doppelseitig, unvollständig. 1 vom Orang, obliteriert, einseitig, 1 vom Hylobates, einseitig, unvollständig.
Gesamtzahl = 1095		23	Der von Dr. Wegner zur Verfügung gestellte Fall vom Orang wurde nicht mitgezählt, da er in die bereits abgeschlossene Zählung nicht mit hineingehört

Tabelle IV.

C. Niedere Affen Zahl der untersuchten Schädel	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
Katarrhinen: 1. *Semnopithecus*. (44) 2. *Inuus* ..... (96) 3. *Macacus*..... (3) 4. *Cynocephalus* . (1) Zusammen... 144	I. Ranke	1	Die Namen der Spezies sind die von Ranke angegebenen. Die beiden Fälle einer Parietalnaht von *Cynocephalus* und *Mycetes* führt er in dem unter Nr. 38 zitierten Werke an, dort findet sich aber nichts über die Gesamtzahl der untersuchten niederen Affenschädel. Die Zahlen von *Semnopithecus*, *Inuus* und *Macacus* führt Ranke in Nr. 39 auf, dort aber nicht mehr die beiden eben genannten Fälle; diese betreffen je eine unvollständige Naht.
Platyrrhinen: *Mycetes*..... (1) Zusammen... 1		1	
Katarrhinen: *Cynocephalus*.... (29) *Cercopithecus*.... (43) *Chlorocebus*..... (3) *Cercocebus*..... (7) *Colobus*..... (1) *Macacus*.....(190) Zusammen... 273	II. Hrdlička	16	Ich habe mich hier auf die Angaben des unter Nr. 23 verzeichneten Werkes beschränkt. Hrdlička gibt in Nr. 24 zwar noch an, daß er weitere 316 Affen untersucht habe, zählt davon aber nur auf 82 *Macaci* mit 3 weiteren Fällen, 15 *Cynocephali* mit 1 Fall, 19 *Cercopitheci* (1 Fall), 34 *Cebi* (2 Fälle), 9 *Hapale* (1 Fall), 16 *Ateles* (1 Fall) und 1 Fall von einem »*Brasilian monkey*«. Das sind zusammen nur 176 untersuchte Schädel: von den an 316 noch fehlenden 140 Schädel finde ich nichts angeführt. Ich hielt es daher für richtiger, die Fälle aus Nr. 24 wegzulassen. Wesentliche Änderungen in den Prozentziffern würden auch durch ihre Aufnahme nicht bewirkt werden.
Platyrrhinen: *Cebus*..... 39 *Ateles*..... 41 *Mycetes*..... 2 *Alouatas*..... 3 *Nyctipithecus*.... 1 *Hapale*..... 30 Zusammen... 118		19	
Gesamtzahl = 391		35	

C. Niedere Affen Zahl der untersuchten Schädel	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
Katarrhini 1. *Macacus* ..... 409 2. *Semnopithecus*. 125 Zusammen... 534	III. Bolk	5	Bemerkenswert ist besonders die Verschiedenheit in der Zahl der Fälle bei den zwei verschiedenen Arten der Gattung *Macacus*, die Hrdlička und Bolk untersuchten. Hrdlička untersuchte im ganzen 272 *Macacus rhesus* und fand darunter 35 Fälle von Parietalnaht. Bolk fand bei 409 Schädeln von meist *Macacus cynomolgus* nur 5 Fälle; bei den *Semnopithecus*-Schädeln keinen Fall.
Platyrhini 1. *Cebus* ..... 70 2. *Chrysothrix* ... 100 3. *Ateles* ..... 12 4. *Mycetes* ..... 13 Zusammen... 195		14	
Gesamtzahl = 729		19	
Katarrhinen *Cercopithecus* .. (1184) *Cercocebus* .... (366) *Colobus* ..... (329) *Macacus*..... (243) *Semnopithecus* . (121) *Papio* ..... (517) Zusammen... 2760	IV. von Waldeyer-Hartz	8	Bei *Cercopithecus*, *Cercocebus*, *Colobus* je 2 Fälle, bei *Macacus* (meist *cynomolgus*) 1 Fall. Bei *Semnopithecus* und *Papio* keinen Fall.
Platyrhinen *Cebus* ..... 122 *Ateles*..... 53 *Mycetes* ..... 267 *Hapale*..... 53 Zusammen... 495		7	Bei *Cebus* 5 Fälle, bei *Ateles* und *Mycetes* je 1 Fall, bei *Hapale* keinen Fall. Über den auffälligen großen Unterschied zwischen den Zahlen Hrdličkas und auch Bolks einerseits und den meinigen anderseits siehe den Text.
Gesamtzahl = 3255		15	

Tabelle V.

Niedere Affen Gesamtzahl der untersuchten Fälle	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
1. Katarrhinen ... 3711	Ranke Hrdlička Bolk	30	
2. Platyrrhinen ... 809	von Waldeyer-Hartz	41	
Zusammen 4520		71	

Tabelle VI.

D. Übrige Säugetiere Zahl der untersuchten Schädel	Beobachter	Zahl der Schädel mit Parietalnaht	Bemerkungen
Über 2000, darunter 5 Lemuren	I. Hrdlička	4	1 von Felis pardalis 1 von Felis concolor 1 von Dorcelaphus hemionus 1 von Phoca foetida
3834 s. die spezielle Aufzählung zu Anfang dieser Abhandlung	II. von Waldeyer-Hartz	1	1 Fall von Atherura affinis africana (Rodentia). Zählen wir die von Deinse (9 u. 9a) angenommenen Fälle: 1 von Mus decumanus, 1 von Cavia cobaya, die zusammen auf rund 160 Schädel im ganzen fallen, mit, so erhielten wir auf insgesamt rund 6000 Schädel von Säugetieren außer Affen 7 Fälle von Parietalnaht. Dabei bleibt der Fall von Cavia cobaya noch zweifelhaft. Die von van Deinse untersuchten Affenschädel (rund 300) konnten in der betreffenden Tabelle nicht wohl berücksichtigt werden, da er nicht angibt, wieviel Katarrhinen und wieviel Platyrrhinen darunter waren. Siehe über die van Deinsesche Veröffentlichung das weiter unten Berichtete.

Tabelle VII.

Gesamtübersicht unter Berücksichtigung auch der unvollständigen Nähte.

Ordnungen	Zahl der untersuchten Schädel	Zahl der Fälle mit Parietalnaht	Prozentsatz (abgerundet)
A. Mensch 1. Erwachsene	10860	16	1 : 680—700
A. Mensch 2. Feten und Kinder	447	0	0 : 450
B. Anthropoiden	1095	23	1 : 50
C. Niedere Affen	4520	71	1 : 60
D. 1. Übrige Säugetiere	5834	5	1 : 1160—1200
D. 2. Übrige Säugetiere mit den van Deinseschen Fällen	6000	7	1 : 850 Wird der bei van Deinse beschriebene zweifelhafte Fall von Cavia cobaya ausgeschaltet, dann erhalten wir den Prozentsatz von 1 : 1000

In der ersten Reihe, Nr. I—VII, habe ich, um auch diese nicht gänzlich auszuschalten, die unvollständigen Fälle, die von den Autoren als Intraparietalnähte ohne Bedenken bezeichnet worden sind, mitgezählt; nur die von Schwalbe mit Recht beanstandeten Randspalten bei den von Ranke beschriebenen Kinderschädeln habe ich fortgelassen, ebenso den von van Deinse (9a) beim Meerschweinchen gefundenen Fall, den er auch selbst für nicht einwandsfrei hält.

In der folgenden Tabelle, Nr. VIII, sind nur die Fälle mit vollständiger Naht — natürlich auch die mit Kombination von vollständiger und unvollständiger Naht — gezählt worden:

Tabelle VIII.

Gesamtübersicht unter ausschließlicher Berücksichtigung der Fälle von vollständiger Intraparietalnaht.

Ordnungen	Zahl der untersuchten Schädel	Zahl der Fälle mit Parietalnaht	Prozentsatz (abgerundet) und Bemerkungen
A. Mensch	10860	5	1 Fall von Hyrtl, 1 Fall von Ranke, 2 Fälle von Hrdlička (Putnam), 1 Fall von von Waldeyer-Hartz, 1 : 2000—2200
B. Anthropoiden	1095	2	1 Fall von Ranke, 1 Fall von Hrdlička, 1 : 500
C. Niedere Affen	4520	29	16 von Hrdlička bei Katarrhinen, 1 von Hrdlička bei Platyrrhinen, 2 von Bolk bei Katarrhinen, 5 von Bolk bei Platyrrhinen, 1 von von Waldeyer-Hartz bei Katarrhinen, 4 von von Waldeyer-Hartz bei Platyrrhinen, 1 : 150
D. 1. Übrige Säugetiere	5834	1	1 von Waldeyer-Hartz, 1 : 5800
D. 2. Übrige Säugetiere mit dem van Deinseschen Falle	6000	2	1 : 3000 Hier konnte nur der Fall von Mus decumanus bei van Deinse gezählt werden

Einer weiteren Besprechung der statistischen Ergebnisse, wie sie sich in den Tabellen darstellen, schicke ich noch folgendes voraus:

Wie schon bemerkt, habe ich die Fälle ganz junger Feten nicht mit aufgenommen, ebensowenig die pathologischen Fälle, wie sie sich besonders häufig bei Hydrocephalie, Rachitis und bei der eigentümlichen Dysostosis

cleidocranialis[1] finden. Die Fälle von ganz jungen Feten — bei der einfachen Aufzählung eingangs dieser Arbeit sind sie, wie auch die pathologischen, angeführt werden — eignen sich nicht zu einer genauen statistischen Bewertung, weil sie noch in das Gebiet der Entwicklungsgeschichte fallen und vielleicht keinen Dauerfall von Scheitelbeinteilung ergeben hätten. Daß, wie insbesondere Schwalbe (44) hervorgehoben hat, Hydrocephalie eine veranlassende Ursache der Scheitelbeinteilung ist, hat an sich großen Wert, aber nicht für eine Statistik, die uns Aufschlüsse über die Variationsbreite der Scheitelbeinnähte unter normalen Verhältnissen geben soll; darauf richtet sich doch das Hauptinteresse an der Sache.

Vergleichen wir die Zahlen meiner Tabellen — sie geben das größte bis jetzt untersuchte Material — so zeigt sich, daß in Übereinstimmung mit den bisherigen Ergebnissen die Scheitelbeinteilung am seltensten ist bei den Säugetierordnungen unterhalb der Affen. Darauf folgt der Mensch. Dies Verhältnis bleibt bestehen, mögen wir nur die bekannt gewordenen Fälle vollständiger Nähte in Betracht ziehen (Tab. VIII) oder die unvollständigen mitrechnen (Tab. VII). Nehmen wir bei der letzteren Rechnung die von van Deinse beschriebenen Fälle mit, so rücken die unter den Affen stehenden Säuger dem Menschen nahe (1 : 850—1 : 1000 für die Säuger, 1 : 680—700 für den Menschen). Erheblicher wird die Differenz bei alleiniger Betrachtung der vollständigen Teilungen (1 : 5800 Säuger und 1 : 2200 Mensch) und bleibt es auch mit Hinzurechnung des van Deinseschen Falles (1 : 3000 Säuger und 1 : 2200 Mensch). Ich berechnete die Tabelle unter Hinzuziehung der Fälle von van Deinse besonders, weil bei ihm nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Säugetierschädeln (rund 160 werden aufgezählt) untersucht worden ist und das die Statistik bei dem geringen Prozentsatze, der sich bei Hrdlička und besonders bei mir ergeben hat, trüben kann.

Das stärkste Kontingent zur Scheitelbeinnaht stellen die niederen Affen, unter die ich alle außer den Anthropoiden vorkommenden Affenfamilien zusammenfasse, wenn man nur die vollständigen Teilungen in Betracht zieht. Da kommt 1 Fall auf 150, während bei den Anthropoiden erst 1 Fall auf 500 erscheint. Nimmt man dagegen die unvollständigen Nähte mit, dann stehen niedere Affen mit 1 : 60 und Anthropoiden

[1] Vgl. Hultkrantz (25) und Terry, S. R., Rudimentary Clavicles and other abnormalities of the skeleton of a white woman. Journ. of Anatomy and physiology. Vol. 33, S. 413, 1899.

mit 1 : 50 nahezu gleich, obwohl eine etwas höhere Zahl auf die letzteren entfällt. Insbesondere trägt der Orang zur Höhe des Prozentsatzes bei, wie folgende Zahlen zeigen: Veröffentlicht sind bis jetzt mit Angabe der Ziffern der im ganzen von einem und demselben Beobachter untersuchten Fälle:

Gorillaschädel 187, darunter 1 Scheitelbeinteilung,
Schimpansenschädel 179 mit 3 Fällen,
Orangschädel 370 mit 18 Teilungen,
Gibbonschädel 359 mit 1 Teilung.

Hierbei sind die unvollständigen Teilungen mitgerechnet. Mit geringen Abrundungen ergibt das prozentisch:

Gorilla . . . . . 1 : 180
Schimpanse . . . . . 1 : 60
Orang . . . . . 1 : 20
Gibbon . . . . . 1 : 360

Rechnet man nur die vollständigen Nähte, so kommt man nach dem veröffentlichten Material zu folgenden Zahlen:

Gorilla . . . . . 0 : 180
Schimpanse . . . . . 1 : 180
Orang . . . . . 1 : 180
Gibbon . . . . . 0 : 360

Hierbei zähle ich den von Hrdlička veröffentlichten Fall einer doppelseitigen Scheitelbeinnaht zu den vollständigen, ebenso den von mir veröffentlichten Fall einer obliterierten Naht beim Orang. Es soll hier noch erwähnt werden, daß von verschiedenen Autoren, wie u. a. von Patten, Fälle von Scheitelbeinnaht beim Orang veröffentlicht sind, ohne daß dabei die Gesamtzahl der untersuchten Orangschädel angegeben ist. Solche Fälle habe ich nicht mitgezählt, wie ich auch den mir von Dr. Wegner überlassenen Orangfall, den ich erhielt, als ich die hiesigen Orangschädel bereits untersucht hatte, nicht eingerechnet habe.

Sehr bemerkenswert ist nun auch das von mir ermittelte Ergebnis der Häufigkeit des Vorkommens bei den Katarrhinen und den Platyrrhinen. Schwalbe (44) hatte nach den ihm seinerzeit bekannt gewordenen Fällen die Ansicht ausgesprochen, daß die Scheitelbeinteilung bei Katarrhinen (Ostaffen, Altweltsaffen) häufiger vorzukommen scheine als bei den Platyrrhinen (Westaffen, Neuweltsaffen). Die von Hrdlička

mitgeteilten Befunde bestätigen, wie Hrdlička selbst bemerkt (23, S. 309), dies nicht. Er fand auf 273 Katarrhinen 35 Fälle, d. h. 1 : 8 Fälle, und auf 118 Platyrrhinen 17 Fälle, d. h. 1 : 7 Fälle. Dieses Ergebnis bestätigt sich weiter durch die Untersuchungen von Bolk und mir. Bolk (3) fand auf 534 Katarrhinenschädel 5 Fälle = rund 1 : 100, auf 195 Platyrrhinenschädel 14 Fälle = 1 : 14. Ich fand auf 2760 Katarrhinen 8 Fälle = 1 : 345, auf 495 Platyrrhinen 7 Fälle = 1 : 70. Zählen wir die von den drei letztgenannten Beobachtern mitgeteilten Fälle zusammen, so kommen auf 3711 Katarrhinen 30 Fälle = rund 1 : 120 und auf 809 Platyrrhinen 41 Fälle = rund 1 : 20. Also gerade das Gegenteil von Schwalbes Annahme.

Hier bleibt uns noch die große Differenz zu besprechen, die namentlich zwischen den Befunden Hrdličkas und den meinigen besteht, wenn sie auch in der Hauptsache, d. h. in dem Verhalten der Katarrhinen und Platyrrhinen zur Scheitelbeinnaht, dasselbe ergeben. Wie Bolk, zwischen dessen Angaben und denen Hrdličkas nahezu derselbe Unterschied besteht, richtig begründet, liegt die Erklärung hauptsächlich in den verschiedenen Spezies, insbesondere von *Macacus*, die wir untersuchten. Hrdlička hatte vor allen *Macacus rhesus* zur Verfügung, Bolk und ich zumeist *Macacus cynomologus*. *Macacus* scheint das Genus zu sein, bei dem die Scheitelbeinteilung am häufigsten zur Beobachtung gekommen ist[1].

Es ist überhaupt bemerkenswert, wie sehr bei den Affen die Zahl der beobachteten Fälle bei den einzelnen Genera und Spezies schwankt. Nachfolgende drei Zusammenstellungen mögen das erweisen.

I. Hrdličkas Fälle.

	Gattung	Gesamtzahl	Nahtfälle
Katarrhinen	*Cercopithecus*	43	1
	Cynocephalus	29	2
	Cercocebus	7	0
	Chlorocebus	3	0
	Colobus	1	0
	Macacus	190	32

[1] Die von Schwalbe (Anmerkung zu S. 425 a. a. O.) erwähnten Fälle von *Macacus erythraeus* habe ich durch freundliches Entgegenkommen v. Luschans untersuchen können: sie zeigen gleichfalls die relative Häufigkeit der Naht bei *Macacus*. v. Luschan wird noch selbst darüber berichten.

	Gattung	Gesamtzahl	Nahtfälle
Platyrrhinen	*Cebus*	39	9
	Ateles	41	7
	Mycetes	2	0
	Hapale	30	1
	Nyctipithecus	1	0
	Alouatas	5	0

II. Meine Fälle.

	Gattung	Gesamtzahl	Nahtfälle
Katarrhinen	*Cercopithecus*	1184	2
	Cercocebus	366	2
	Colobus	329	2
	Macacus	243	1
Platyrrhinen	*Cebus*	122	5
	Ateles	53	1
	Mycetes	267	1
	Hapale	53	0

III. Bolks Fälle.

Gattung	Gesamtzahl	Nahtfälle
Semnopithecus	125	0
Macacus	409	5
Cebus	70	10
Chrysothrix	100	2
Ateles	12	2
Mycetes	13	0

Wie schon hervorgehoben wurde, stimmen die von mir erhobenen Zahlen der Fälle von geteilten Scheitelbeinen prozentisch in einigen Fällen besser mit denen von Bolk gefundenen überein, als mit den von Hrdlička ermittelten, in anderen Fällen stimmen die Bolkschen Fälle wieder besser mit den von Hrdlička gefundenen. Um völlig befriedigende Einsicht zu bekommen, müssen noch viel mehr Affenschädel geprüft werden. So viel kann man aber heute schon sagen: 1. Die Westaffen geben einen größeren Prozentsatz als die Ostaffen. 2. Gewisse Genera sind bevorzugt, so *Macacus* unter den Ostaffen, *Cebus* und *Ateles* unter den Westaffen und, wie wir sahen, der Orang unter den Anthropoiden.

VI. Bildungen, durch welche Scheitelbeinnähte vorgetäuscht werden können.

Ich halte es nicht für überflüssig, angesichts der großen Verschiedenheiten, die bei den Angaben über das Vorkommen von Scheitelbeinnähten bestehen, auf Bildungen hinzuweisen, die zu Täuschungen Anlaß geben können. Zunächst kommen da Frakturen in Betracht, die nicht selten linearen Nähten recht ähnlich sehen können. Es ist mir aufgefallen, daß einige von den Abbildungen der Scheitelbeinnähte bei den Affen ganz linear gezeichnet sind. Nach meinen Erfahrungen sind die wahren Nähte auch bei den Affen nicht rein linear, sondern lassen stets eine, wenn auch geringe Zähnelung erkennen. Vielfach sind die Schädel von Tieren gewonnen, die durch Schrotschuß getötet sind; ein einziges in den Schädel eingedrungenes Schrotkorn kann da tödlich wirken, zugleich aber, namentlich, wenn keine Ausschußöffnung besteht, eine Fissur des Parietale bewirken. Wenn nun das Korn von der Basis des Schädels aus eingedrungen ist, dann ist die kleine Öffnung oft kaum nachweisbar. Findet man rein lineare Fissuren oder Spalten im Scheitelbein, so sollte man, um möglichst sicher zu gehen, den Schädel stets aufsägen lassen, um die fragliche Naht auch von innen her untersuchen zu können. Ich habe stets in zweifelhaften Fällen diese Eröffnung des Schädels mit gütiger Erlaubnis des Hrn. Kollegen Brauer vornehmen lassen. Ein Beispiel, wie durch das Aufsägen eine lineare Spalte, die bei der Betrachtung von außen ganz den Eindruck einer Parietalnaht erweckte, als Fraktur entlarvt wurde, habe ich in den Figuren 11 und 12

abbilden lassen. Bei der Ansicht von innen (Fig. 12, f) ließ sich erkennen, wie das eine Teilstück ein wenig über das andere hinübergeschoben war.

Einen zweiten Fall von Fraktur, die eine Scheitelbeinnaht vortäuschen konnte, habe ich auf Taf. III, Fig. 8 abbilden lassen. Sieht man nur die gezeichnete rechte Seite des Schädels an (Schädel Nr. 15 vom Jahre 1916 des Berliner Anatomischen Museums), so erscheint, von der Gegend des

Fig. 11. Heterohyrax spec.

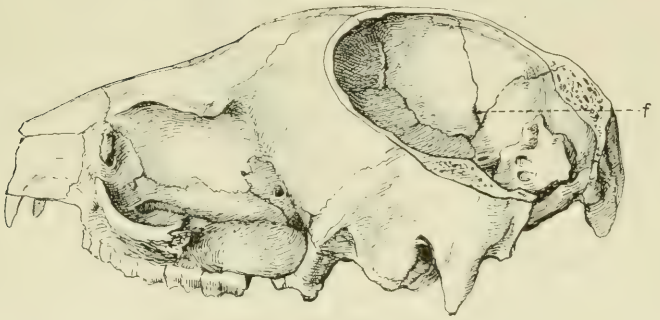


Fig. 12. Heterohyrax spec.

Bregma ausgehend, eine schräg nach hinten und unten ziehende sehr deutliche feinzackige Spur, die sich ungefähr in der Mitte der Zona falciformis verliert. Die Zona zeigt hier auch eine leichte Einbiegung. Vorn am Bregma scheint der Anfang dieser Spur gelegen. Bei genauerer Prüfung auch der linken Seite des Schädels sieht man aber, daß sich nach einer kurzen, nur undeutlich als eine Nahtspur zu deutenden Strecke die Spur in das linke Frontale fortsetzt, wo vorn eine Vertiefung im Knochen den Anfang der Spur bezeichnet. Der Vertiefung gegenüber läßt sich von innen her ein deutlich abgetrennt gewesenes Stück der Tabula interna erkennen, welches

mit seiner Umgebung wieder verwachsen ist. Es handelt sich also um eine unzweifelhafte Bruchlinie. Hätte man nur die rechte Schädelhälfte zur Verfügung gehabt, so wäre wohl eine Diagnose auf eine obliterierte Intraparietalnaht gerechtfertigt erschienen.

Einen anderen Fall, der, freilich nur auf den ersten flüchtigen Anblick, als Scheitelbeinnaht imponieren konnte, gebe ich in der Abbildung Fig. 13 wieder, da der Fall an sich Interesse darbietet. Es handelt sich um den Schädel eines neugeborenen Kalbes, und zwar eines *Dicephalus*. Der vorstehend abgebildete Kopf ist der rechtsseitige. Die täuschende Spalte ist

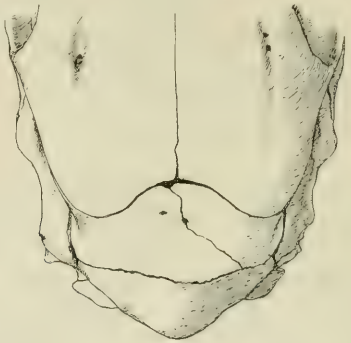


Fig. 13. Rechtsseitiger Schädel eines *Dicephalus bovinus*.

in der Tat eine Naht, aber die erhalten gebliebene Naht zwischen dem Interparietale und Parietale der rechten Seite, während diese Naht an der linken Seite, wie gewöhnlich beim neugeborenen Kalbe, bereits obliteriert ist. Hrn. Prof. Dr. Pick, Direktor des Pathologisch-anatomischen Laboratoriums am Berliner Krankenhause Friedrichshain, spreche ich für die Überlassung dieses Falles an das Berliner Anatomische Institut meinen Dank aus.

VII. Bedeutung der Intraparietalnähte und ihre Ursachen.

Zur Erklärung des Bestehenbleibens einer Intraparietalnaht sind verschiedene Ursachen angenommen worden, bei denen schon Ranke (38, S. 27) zweierlei unterschied, die er als »fetale Anlage« und »individuelle Ursache« bezeichnet. Erst mit dem Nachweise Toldts von den

bei der normalen Entwicklung des Parietale auftretenden doppelten Knochenkernen war diese Erkenntnis der zweierlei Momente, die bei der Begründung einer Parietalnaht in Betracht kommen, möglich. Schwalbe (44, S. 406 ff.) nennt die fetale Anlage und als zweites die Bedingungen, unter denen es zum Bestehenbleiben der fetalen Trennungen kommt. Hrdlička unterscheidet in gleicher Weise unter einer »original condition« oder »fundamental causes«, womit er die fetalen Verknöcherungsverhältnisse meint, und den »determining oder exciting causes«, d. i. den »individuellen« Ursachen Rankes, den »bedingenden« Schwalbes. Diese Unterscheidungen ergeben sich unmittelbar aus der für den Menschen festgestellten fetalen Zweiteilung des Scheitelbeins in seiner ersten Anlage und der Tatsache, daß nun das Bestehenbleiben dieser Zweiteilung nur ein so seltenes Vorkommnis ist. Es ist also die Verschmelzung beider Anlagen zu einem einheitlichen Parietale die Regel, das Bestehenbleiben dagegen die Ausnahme, für die wir die bedingenden Ursachen zu suchen haben. Wenn wir auch über die Entwicklung des Scheitelbeins bei den unterhalb des Menschen stehenden Mammalia so gut wie nichts wissen, so darf doch als höchst wahrscheinlich angenommen werden, daß wir für die Geschöpfe, bei denen wir Teilungen des Parietale vorgefunden haben, die fetale Vorbedingung in der Anwesenheit ebenso vieler gesonderter Ossifikationsbezirke als bestehend ansehen können, wie Teilstücke angetroffen wurden. Soweit ich weiß, ist noch die bereits erwähnte, von Schwalbe (S. 405) zitierte Angabe Maggis von zwei Ossifikationszentren bei einem Lemuriden (Stenops gracilis) die einzige, die sich auf die Entwicklung des Säugetierscheitelbeins bezieht und mehrere Ossifikationsbezirke ergeben hat. Wenn wir aber die so häufig gefundene typische Form der Parietalteilung beim Orang, ferner die häufigen Vertikalnähte bei den niederen Affen in Betracht ziehen, so zwingt dies doch geradezu zu der Annahme, daß hier die fetale Vorbedingung in entsprechend gelagerten Ossifikationszentren gegeben sei. Aufgabe weiterer Forschungen auf diesem Gebiete werden die noch fehlenden entwicklungsgeschichtlichen Studien über die Ossifikation des Parietale bei Anthropoiden, Affen und den übrigen Säugetieren sein, wie dies seit Toldts wichtigem Funde von allen Bearbeitern der Scheitelbeinteilung ja auch hervorgehoben ist.

Wir müssen hier indessen einer sehr beachtenswerten Darlegung Bolks (3) gedenken; in der es heißt (S. 47), daß aus den bekannten Fällen von

Parietale tripartitum bei einigen Affen wohl nicht der Schluß gezogen werden dürfe, daß nun auch bei jedem Primatenembryo das Scheitelbein aus drei räumlich gesonderten Verknöcherungszentren entstehe. Man müsse vielmehr annehmen, daß das knöcherne Scheitelbein aus einer Verknöcherungssphäre entstehe, welche potentiell mehrere Ossifikationszentren enthalte, oder, richtiger ausgedrückt, sich in mehrere Verknöcherungszentren auflösen könne. Diese Knocheninselchen können nun bald nach ihrer Anlage zu einem einheitlichen Knochen entweder vollständig oder partiell konfluieren, oder sich auch je zu einem besonderen Knochen, der getrennt bleibt, entwickeln. Die Frage, wie diese Tochterzentren zu einander gelagert sind, wie also nachher die Nähte zwischen ihnen verlaufen, steht in Verbindung mit den Ursachen, welche die Trennung in einzelne Stücke bewirkt haben. Aus wie viel Zentren das Parietale entstehe, könne nicht in einer alle Primaten umfassenden Antwort gesagt werden. Wie die Lagerung, so werde auch die Zahl durch mechanische Wachstumsprinzipien bestimmt. Beim Menschen seien der Regel nach zwei Zentren vorhanden; aber es sei nicht auszuschließen, ja, mit Rücksicht auf die verschiedene gefundene Verlaufsrichtung der Nähte sogar wahrscheinlich, daß in einzelnen Fällen sich auch drei Zentren bildeten, wie diese Tendenz bei den Platyrrhinen ja hervortrete.

Bolk tritt hier und, meiner Meinung nach mit Recht, der Annahme Frassettos (12—16) entgegen, daß man aus der Zahl der in einzelnen Fällen vorgefundenen Teilstücke des Parietale auf die Zahl der bei der betreffenden Tierspezies regelmäßig fetal angelegten Ossifikationszentren schließen müsse. Wenn aber die Allgemeingültigkeit eines solchen Rückschlusses nicht zugelassen werden kann, so bleibt dabei das vorhin Gesagte zu Recht bestehen, daß eine gewisse Regelmäßigkeit in der Zahl und Lagerung der Intraparietalnähte auf bestimmte fetale Ossifikationszentren hinweise, wie beim Menschen auf zwei, ebenso beim Orang — diese aber von ungleicher Entwicklungstendenz —, ferner auf ein vorderes und hinteres Zentrum bei den Affenarten, bei denen wir häufig einer Vertikalnaht begegnen.

Besteht nun hinsichtlich der fetalen Anlagen, der fundamental causes Hrdličkas, insofern Einigkeit, als ihr Vorhandensein als ein wesentlicher Punkt bei der Frage der Ursachen der Scheitelbeinteilung allseitig anerkannt wird — wenn auch über Zahl- und Lageverhältnisse der Zentren und

die Zeit ihres Auftretens noch verschiedene Ansichten obwalten —, so ist die Differenz in der Auffassung der bedingenden Ursachen, der determining causes, noch eine große, und es wird eine Hauptaufgabe unserer Betrachtung sein, hier zu einer bestimmten Auffassung zu gelangen.

Bisher sind folgende Meinungen über die bedingenden (bestimmenden) Ursachen der Intraparietalnaht aufgestellt worden, von denen mehrere, da sie bei Schwalbe und Hrdlička eingehend erörtert sind, hier nur kurz berührt werden sollen. Dahin gehören die Meinungen von Hyrtl, Ranke und Maggi. Hyrtl, gestützt auf den von ihm beim Menschen beobachteten Fall, glaubte einen Zusammenhang der Intraparietalnaht beim Menschen — denn er bezieht sich nur auf diesen — mit den Lineae temporales annehmen zu können, worin ihm, wie wir anführten, später Graf Spee beistimmte. Es wurde bereits erwähnt, daß dies nicht haltbar ist. — Ranke erblickte mit R. Virchow eine Ursache des Bestehenbleibens einer Parietalnaht in der vorzeitigen Synostose einer oder mehrerer der unter normalen Verhältnissen bis zum Abschlusse des Gehirn- und Schädelwachstums offenbleibenden Nähte. Dieses Moment kann als ein »kontributives« im Sinne Hrdličkas für einzelne Fälle in Betracht kommen, kann aber als hauptsächliches nicht angesehen werden. Ebenso steht es mit der Ansicht Maggis (8), daß wir in den Parietalnähten eine atavistische Erscheinung zu erblicken hätten. Ich verweise hierzu auf die von Schwalbe, wie mir scheint, mit vollem Recht, geäußerten Bedenken. Auch Gaupp (20) spricht sich gegen Maggi aus. »Man könne, hebt er hervor, dies um so weniger zugestehen, als es sich um den Schädel handle, um einen Teil, der die größten Umwandlungen erleide und dessen Aufgaben (scil. bei den höheren Tieren) vielfach andere seien, als bei den genannten niederen Formen. Es müsse da mit dem Auftreten progressiver Erscheinungen ganz besonders gerechnet werden«.

Schwalbe vertritt die Ansicht, daß wir in dem Bestehenbleiben der Parietalnähte einen progressiven Entwicklungsgang zu erkennen hätten, der bei den jetzigen Tier- und Menschenformen erst in »statu nascendi« vorhanden sei, sich aber, gegebenenfalls, bei weiter vorschreitender Entwicklung des Gehirns und Schädels zu einer Dauerform gestalten könne. Diesen letztgenannten Blick in die Zukunft spricht ja Schwalbe selbst nicht direkt aus; es ist dies jedoch der Sinn seiner ganzen Überlegung und Auffassung. Ich führe im nachstehenden einiges aus Schwal-

bes Darlegung wörtlich an: S. 398 heißt es: »Wie sich aber auch die individuelle Variation auf diesem Gebiete herausstellen möge, darin bin ich mit Toldt und Ranke einig, daß die vollständige Trennung des Scheitelbeins in ein Parietale superius und inferius auf die geschilderte embryonale Entwicklung zurückgeführt werden muß. (Gemeint ist die Entwicklung aus zwei Ossifikationszentren.) Es erheben sich dann aber zwei weitere Fragen:

1. Ist das Auftreten eines Parietale superius und inferius beim menschlichen Embryo a) eine Bildung, die nichts weiter darstellt, als eine Formerscheinung, die bei niederen Säugern allgemein verbreitet, beim Menschen also regressiv geworden ist, oder b) ist die Teilung der ursprünglich einheitlichen Scheitelbeinanlage in zwei eine progressive Bildung, welche etwa mit der gewaltigen Ausdehnung der Schädelkapsel in Zusammenhang zu bringen wäre, die den Menschen vor allen Tieren charakterisiert?«

Wir haben schon erwähnt, daß Schwalbe die erstere Alternative zurückweist. Es heißt nun weiter (S. 406): »Wenn man sich hierüber (gemeint ist eben die Abweisung einer atavistischen Deutung) klar ist, so bleibt keine andere Beantwortung, als das Auftreten zweier Ossifikationszentren, als in der Primatenreihe beginnend, anzunehmen, vielleicht im Zusammenhang mit der mächtigen Entwicklung des Gehirns, die wiederum eine gewaltige Ausdehnung der Schädelkapsel verlangt. Nach dieser Auffassung hätten wir in dem Auftreten zweier (oder mehrerer) Ossifikationszentren im Scheitelbeingebiet einen Ausdruck der Vergrößerung des letzteren, also eine sich in die neuen Verhältnisse schickende progressive Bildung zu erkennen, die aber noch nicht stabiliert ist[1], wie dies die Variationen in der ersten Entwicklung und die so seltene Persistenz zweier Scheitelbeine beweisen.«

Was nun die weiteren bedingenden Ursachen anlangt, unter denen die embryonale Zweiteilung (Schwalbe bezieht sich vorzugsweise auf den Menschen) erhalten bleibt, so sucht er diese, gestützt auf den von ihm eingehend beschriebenen neuen Fall, vorzugsweise in pathologischen Dingen, vor allem in hydrocephalischen Zuständen, und zwar sowohl in Hydrocephalia interna wie externa. Bei der letzteren braucht ja auch der be-

[1] An einer anderen Stelle bezeichnet sie Schwalbe in glücklicher Wahl des Ausdruckes als eine in Statu nascendi begriffene Bildung.

treffende Schädel später keinen auffälligen Umfang aufzuweisen oder sonstige den früheren Zustand verratende Merkmale. Auch noch einen andern Faktor, der mir aber ein wenig gekünstelt erscheint, führt Schwalbe an; er sagt darüber S. 408:

»Wenn tatsächlich bei den Primaten und dem Menschen eine allmähliche Zweiteilung des Scheitelbeins sich anbahnt, so ließe sich eine vollständige Vollziehung derselben auch so denken, daß in den Fällen, wo wir später vollständige Parietalnaht finden, die beiden Zentren einen individuell größeren Abstand besessen haben, der dann später erhalten blieb, indem bei zunehmendem normalen Wachstumsdruck diese Zwischenzone sich nicht konsolidieren konnte.«

Schließlich faßt Schwalbe seine Meinung wie folgt zusammen: »Nach allem, was ich in vorstehenden Zeilen auseinander gesetzt habe, bin ich der Ansicht, daß das Parietale bipartitum eine im Primatenstamme auftretende neue progressive Bildung ist, welche normalerweise aber zunächst nur seine Anfänge im frühen embryonalen Leben (Ende des 3. Monats) erkennen läßt und gewöhnlich durch frühe Verschmelzung zur Ausbildung eines einheitlichen Parietale führt, in seltenen Fällen dagegen unter gewissen Bedingungen als doppeltes Scheitelbein persistiert. Unter diesen Bedingungen spielt kongenitale Hydrocephalie eine hervorragende Rolle. Eine atavistische Deutung des Parietale bipartitum ist durch nichts gerechtfertigt«.

Hrdlička (23) macht, wie wir vorhin angaben, mit Schwalbe und Ranke den sich aus dem Toldtschen Funde naturgemäß ergebenden Unterschied zwischen, wie er es nennt, fundamental conditions und exciting oder determining causes. Diese veranlassenden Ursachen teilt er aber wieder in zwei Gruppen. Es heißt bei ihm (S. 349): The determining causes of the various parietal separations are divisible into primary and contributives. The primary cause of the anomalies in the monkeys is probably dismorphism, a disturbance of development originating in the trophic centers, perhaps more or less allied to neophormism; in man the cause is probably what may be termed a reminiscence, or a mild form of atavism. A reversion reaching much farther back in the organic life cannot be accepted without much satisfactory demonstration«.

»The contributive causes of the parietal divisions, which can become effective only after the influence of the primary ones has been

manifested to a certain degree, are all those conditions, which more considerable augment the intercranial pressure, such as in man hydrocephalus and very premature closure of some of the normal cranial sutures.«

Es sei zu dieser zusammenfassenden Darlegung aber gleich bemerkt, daß Hrdlička die »determining causes«, wie er sie aufstellt, nicht hoch bewertet, denn er sagt von ihnen S. 325: »What that determining cause or causes may be is still largely a matter of conjecture.«

Daß pathologische Zustände, wie Hydrocephalus und Rachitis, häufig veranlassende Ursachen seien, stellt Hrdlička gleichfalls fest, fügt aber hinzu (24), daß die verhältnismäßig zahlreichen Fälle, wo man an Schädeln erwachsener Menschen, Anthropoiden (apes) und Affen (monkeys) mit Scheitelbeinteilungen keine Spur von Hydrocephalie oder Rachitis nachweisen könne, doch zu der Annahme führen müssen: »that at least some of the parietal divisions in man and most of those in lower primates must be due to other exciting causes than rickets or hydrocephalus.«

Aus der benutzten Literatur und aus meinen Befunden, wozu man insbesondere die statistischen Tabellen vergleichen wolle, komme ich nun zu folgenden Ansichten über die Bedeutung der Scheitelbeinteilungen und deren Ursachen.

1. Grundbedingung für eine Scheitelbeinteilung ist das Vorhandensein von mindestens zwei getrennten Ossifikationsherden während der fetalen Entwicklung des Parietale. Diese beiden von Toldt beim Menschen entdeckten und von Ranke und anderen bestätigten Zentren sind auch nach meinen Untersuchungen für den Menschen die Regel. Ich stimme Frassetto, Giuffrida-Ruggeri und Bolk darin bei, daß auch beim Menschen als Variation drei getrennte Herde sich anlegen können, bei Tieren auch vier, soweit das aus den Befunden von dreigeteilten oder viergeteilten Scheitelbeinen ohne manifeste pathologische Veränderungen geschlossen werden darf, bin aber mit Bolk gegen Frassettos Annahme, daß man aus solchen Funden auf das regelmäßige Vorkommen von drei oder vier fetalen Zentren schließen müsse.

2. Bezüglich der Deutung der Scheitelbeinteilung als eines atavistischen Vorganges stimme ich Schwalbe in der Ablehnung dieser Auffassung bei. Wenn Hrdlička, wenigstens für den Menschen, wie er es nennt, einen »Anklang« an einen Atavismus oder eine »abgeschwächte« Form des Atavismus — »In man«, sagt er, »what may be termed a re-

miniscence or a mild form of atavism« — gelten lassen will, so kann ich auch einer solchen Annahme nicht zustimmen. Vor allem gestehe ich, daß ich mit einer Reminiszenz an einen Atavismus oder mit einer »mild form« eines solchen, keinen klaren Begriff verbinden kann. Entweder ist ein Zustand ein atavistisch zu erklärender, oder er ist es nicht. Und dann, wie soll diese Deutung nur für den Menschen zutreffen und nicht auch für die Anthropoiden und die niederen Affen? Meiner Meinung nach müssen alle Scheitelbeinteilungen in der gesamten Lebewelt, soweit sie uns bis jetzt bekannt sind, einheitlich, als gleichwertige Bildungen, aufgefaßt werden, die im wesentlichen auf dieselben Ursachen zurückzuführen sind.

3. Ich vermag der Deutung Schwalbes, als sei in der Scheitelbeinteilung ein progressiver Vorgang zu finden, nicht beizustimmen. Schwalbe ist zu dieser Ansicht, die der Scheitelbeinteilung eine hochinteressante und wichtige Bedeutung geben würde, wesentlich wohl dadurch geführt worden, daß er keinen Fall von niederen, unter den Affen stehenden Säugetieren kannte, und daß ihm verhältnismäßig viele Fälle von Katarrhinen (Ostaffen), aber nur sehr wenige von Westaffen (Platyrrhinen) zur Verfügung standen (44 S. 424). Da nun die Anthropoiden an die Ostaffen anschließen, so ergab sich nach der Häufigkeit des Vorkommens für Schwalbe die Reihe in aufsteigender Frequenz: Westaffen, Ostaffen, Anthropoiden, Menschen. In demselben Jahr war aber die Arbeit von Hrdlička erschienen, die Schwalbe nicht mehr benutzen konnte, dann kamen weitere Befunde an Westaffen von den italienischen Autoren, von Bolk und jetzt von mir, welche sowohl bei Westaffen als bei den unter ihnen stehenden Säugern Fälle von Parietalteilungen nachweisen — man vergleiche insbesondere die Zusammenstellung auf den Tabellen V—VIII —; diesen Tatsachen gegenüber erscheint mir die Deutung Schwalbes als nicht mehr haltbar.

Siehe hierzu auch das bei Besprechung der von mir entworfenen Tabellen Gesagte S. 46—50.

Es kommt noch hinzu die vorhin begründete Erwägung, daß man mit Bolk auch die Winkelteilungen am Scheitelbein und die von Schwalbe als extraparietale Teilungen bezeichneten, wobei es sich um die Bildung sehr ungleicher Stücke handelt, mit den sogenannten typischen Teilungen durch vollständige horizontale oder vertikale Nähte zusammenfassen muß. Bei einer solchen Variabilität fällt es schwer, sowohl an einen atavistischen, wie auch an einen progressiven Vorgang zu denken.

4. Welches sind nun die bestimmenden Ursachen, die determining causes der Scheitelbeinteilungen? Da möchte ich mich für das, was Hrdlička mit Dysmorphism bezeichnet, aussprechen, allerdings mit Ablehnung seines Zusatzes »perhaps allied to neomorphism«, denn darin liegt ja wieder ein Hinweis auf progressive Vorgänge. Unter Dysmorphism versteht Hrdlička Störungen in der Entwicklung »a disturbance of development originating in the trophic centers«, also wesentlich Störungen in der Vaskularisation, die ja doch häufig eintreten können. Nimmt man hinzu, daß, wie Schwalbe nachgewiesen hat, und wie ich es auch durch mehrere Fälle belegen konnte, Hydrocephalus eine häufige Ursache einer bestehenbleibenden Intraparietalnaht ist, wie auch Rachitis und die Dysostosis cleidocranialis genannt werden, so sieht man, wie sehr hier pathologische Vorgänge eingreifen. Ich zitiere hier wieder das Wort: Natura non facit saltus! Wo ist bei Hydrocephalus und namentlich bei Vaskularisationsstörungen die Grenze zwischen dem Normalen und dem nicht mehr Normalen? Nun kommt gerade für das Parietale eine andere wichtige Erwägung hinzu: sein Verhalten zum Gehirn. Die Entwicklung des Gehirns bedingt die Entwicklung des Hirnschädels. Gerade nun das Parietale ist es, welches den am frühesten zu größerer Entwicklung kommenden Teil des Gehirns, den Scheitellappen mit der motorischen Zone und den Wurzeln der Stirnwindungen, und hinten noch in das Gebiet nahe dem Occipitallappen eingreifend, deckt[1]. Da sind also Mißverhältnisse zwischen Hirnwachstum und Knochenwachstum bei leichten Störungen am ersten annehmbar. Die Störungen selbst können vorübergehen, ohne eine weitere Spur zu hinterlassen als die Parietalnaht.

Sehr wichtig ist in dieser Beziehung der mir vom Kollegen Wegner überlassene Orangschädel, da er, so scheint es mir wenigstens, ein sicheres Beispiel von Hydrocephalie bei einem Orang darbietet. Ich verweise auf das bei der Beschreibung des Falles Gesagte. Übrigens ist ja auch bei unsern Haustieren Hydrocephalie nichts Seltenes. Auch der von van Deinse (9a) beschriebene Fall einer Parietalnaht bei Mus decumanus, var. albus ist wichtig, worauf van Deinse selbst aufmerksam macht. Das Tier war aus Inzucht hervorgegangen und die aus dieser Zucht ent-

[1] Man möge hierzu nur die instruktiven und schönen Abbildungen von G. Retzius in dessen klassischem Werke »Das Menschenhirn« vergleichen. Auch der wertvolle Atlas der Entwicklungsgeschichte von J. Kollmann gibt einige sehr verwertbare Bilder.

sprossenen Individuen zeigten mehrfach kleine pathologische Veränderungen auch an anderen Körperteilen.

Außer Störungen trophischer Art sind ja auch noch eine Reihe anderer möglich, wie ich denn, ebensowenig wie Hrdlička, den Einfluß eines vorzeitigen Verschlusses normaler Nähte abweisen möchte.

Mit den hier gegebenen Erklärungen, welche die Scheitelbeinnähte in das Gebiet der Variationen an deren Grenze zum Pathologischen und in dieses selbst verweisen, sind jedoch keineswegs alle Schwierigkeiten gelöst. Dahin gehören vor allem das häufige Auftreten der Nähte bei den Affen und insbesondere bei einzelnen Arten derselben, oder einzelnen Gattungen, wie namentlich bei *Macacus rhesus* gegenüber von *Macacus cynomolgus*, dann bei *Cebus* und beim Orang. Bolk meint das häufige Auftreten der Parietalnähte bei den amerikanischen Affen auf die bisweilen relativ große Entwicklung ihres Gehirns bei Armut an Furchenbildung zurückführen zu sollen. Hier müsse ja eine größere Oberflächenentwicklung am Gehirn entstehen als bei reichlicher Furchenbildung. So werde denn auch bei relativ schnellem Hirnwachstum ein höherer Druck auf die ossifizierende Schädelkapsel ausgeübt. Da könne die osteogene Sphäre im Gebiete des Parietale schon zu einem weiten Felde gedehnt sein, ehe es zum Auftreten von Ossifikationszentren komme, deren dann in dem größeren Felde leicht mehrere entstehen würden. Die Unterschiede zwischen *Macacus rhesus* und *Macacus cynomolgus* ließen sich, meint Bolk, wohl dadurch erklären, daß bei *rhesus* ein rascheres Wachstum des Gehirns bestehe. Bolk selbst verhehlt sich aber nicht die Schwierigkeiten, die hier noch obwalten.

Jüngst hat Aichel in seiner bemerkenswerten Abhandlung: »Die normale Entwicklung der Schuppe des Hinterhauptsbeins, die Entstehung der ‚Inkabein' genannten Anomalie der Schuppe und die kausale Grundlage für die typischen Einschnitte an der Schuppe«, Archiv f. Anthropologie, Neue Folge Bd. 13, Heft 3, S. 2, bezüglich der Grenzen zwischen den verschiedenen Ossifikationsherden der Schädeldeckknochen die Angabe gemacht, daß diese Grenzen schon vor Beginn der Ossifikation in der bindegewebigen Grundlage festgelegt und sichtbar wären. Es heißt a. a. O.: »Das Scheitelbein zeigt fast immer 2 Zentren der Knochensubstanzausscheidung in der Entwicklung, um die sich die Knochenbälkchen anlagern, ein oberes und ein unteres Zentrum. Auch hier heißt es: bleiben diese Zentren dauernd getrennt, so entsteht ein geteiltes Scheitelbein. Das ist nicht richtig,

dann müßten wir die Erscheinung viel häufiger beobachten. Die Grundbedingung für die Entstehung eines geteilten Scheitelbeins liegt im Auftreten einer geteilten bindegewebigen Matrix. Eine Grenzlinie in der bindegewebigen Grundlage, in der die Knochensubstanz abgelagert wird, verhindert die Vereinigung der Knochenkerne in den Fällen von geteiltem Scheitelbein, doch auch diese kann sekundär schwinden.« Aichel weist darauf hin, daß wir schon bei Embryonen von 3 cm Länge im durchfallenden Licht die Grenzen für die Scheitelbeine, das Stirnbein, die Schläfenbeine und das Hinterhauptsbein, erkennen können. An diesen Grenzlinien ist das Bindegewebe der Calotte viel dünner, glasig durchscheinend; mikroskopisch entbehrt die Naht eine gefäßreiche Schicht Bindegewebe. »Der Knochenkern bestimmt nicht«, sagt Aichel, »die Lage und die Größe eines Deckknochens des Schädels, das ist alles schon in der bindegewebigen Matrix festgelegt«.

Ich will nicht bezweifeln, daß dies für die normalen großen Schädelknochengrenzen zutreffend sei. Wir erfahren aber durch Mall (s. S. 23) und Macklin, daß zuerst eine einfache Anlage zarter Knochenbälkchen im Parietale auftritt, in der sich dann 2 dichtere Zentren manifestieren, die an den zugekehrten Rändern durch feinste Bälkchen verbunden sind. Also eine trennende Grenzlinie im Bindegewebe kann bei der normalen Verknöcherung des Scheitelbeins nicht vorgebildet sein. Träte sie in den Fällen auf, in denen es zu einer dauernden Scheitelbeinteilung kommt, dann würden auf ihr Erscheinen auch alle die Erwägungen anwendbar sein, die hier von den zitierten Autoren und von mir vorgebracht worden sind. Bei den von Aichel hervorgehobenen präostealen Trennungsbezirken handelt es sich offenbar um kapillar vaskulasierte Gebiete, die der Ausscheidung von Kalksalzen voraufgehen müssen; diese können, das gebe ich gern zu, typisch vorgebildet und auch vererbt sein.

VIII. Neuere Mitteilungen über Intraparietalnähte.

Ich lasse nun noch eine kurze Besprechung der nach Schwalbes und Hrdličkas Arbeiten erschienenen Literatur folgen.

In erster Linie sei die Abhandlung Matiegkas (34) angeführt, da sie auch eine eingehendere Darstellung der auf die Scheitelbeinteilung bezüglichen Fragen gibt und die voraufgehende Literatur bespricht. Der von Matiegka beschriebene neue Fall vom Menschen ist eine beiderseitige

symmetrische unvollständige Teilung. Matiegka ist der Meinung, daß die Scheitelbeinteilung auf verschiedene Art zustande kommen möge, so daß die einzelnen Fälle einer verschiedenen Deutung unterliegen würden. Ferner ist er auch der von mir vertretenen Ansicht, daß ein Knochen, der sich auf Kosten des Ossifikationsgebietes eines normalen Knochens bilde, anders beurteilt werden müsse wie ein gewöhnlicher Naht- oder Fontanellknochen.

Bemerkenswert ist der von Regnault (41) beschriebene Fall, der sich bei Schwalbe nicht erwähnt findet. Bei einem 3monatigen menschlichen Fetus des Musée Dupuytren findet sich jederseits ein Parietale tripartitum. Jedes Scheitelbein ist zunächst durch eine Horizontalnaht geteilt, links ist dann das obere, rechts das untere Teilstück durch eine im ganzen vertikale Naht in ein vorderes und hinteres Stück geteilt. Gleichzeitig bestehen noch andere Anomalien: Fehlen der beiden Ossa nasalia und der Intermaxillaria und Bestehen einer weiten Gaumenspalte. In Schwalbes Jahresbericht für 1902 (erschienen 1903) ist über den Fall von Thilenius ausführlich referiert. Dahin gehören auch die beiden Fälle Maggis (29), die er im Sinne einer Vier- und Dreiteilung des Parietale deuten möchte. Zwingend ist nach meiner Beurteilung der Fälle diese Deutung nicht, keinesfalls für den kindlichen Schädel. Der Schädel des Erwachsenen zeigt beiderseits neben einer unvollständigen Horizontalnaht auch eine unvollständige vertikale und bietet insofern ein besonderes Interesse.

Die beiden bereits vorhin mehrfach erwähnten Veröffentlichungen von van Deinse (9 und 9a) geben mir zu einigen Bedenken Anlaß. Zunächst muß erwähnt werden, daß der Fall von geteiltem Scheitelbein bei *Ursus americanus*, den Frassetto (13) mitteilt, derselbe ist, den auch Le Double (11) bespricht. Van Deinse hat übersehen, daß Frassetto bei seiner kurzen Beschreibung dieses Bärenschädels ausdrücklich angibt, er stamme aus der Pariser Sammlung. Es ist mir, wie schon bemerkt, überhaupt fraglich, ob dieser Schädel mit seinen mehrfachen Teilstücken im linken und rechten Parietale nicht pathologisch ist.

Dem von van Deinse (9, S. 348) abgebildeten Rattenschädel (Mus decarnanus var. albus) mit vertikaler Naht im linken Scheitelbein und unvollständiger horizontaler Naht im rechten, fehlten ein Jugale und beide Lacrimalia. Ich möchte jedoch den Fall als echt anerkennen und habe ihn daher auch bei meinen Tabellen verwertet. Der Schädel stammte von einer Kolonie weißer Ratten des Zoologischen Instituts der Leidener Uni-

versität, die durch Inzucht sich erhalten hatte. Van Deinse macht mit Recht auf die mögliche Bedeutung der Inzucht als pathologisches Moment aufmerksam sowie auf den Umstand, daß in den Sammlungen meist viel mehr Menschen- und Affenschädel aufbewahrt sind als Schädel darunterstehender Säuger. Das könne die größere Seltenheit der Befunde von Scheitelbeinteilungen bei niederen Säugern erklären. Gerade diese Erwägung hat auch mich veranlaßt, zu versuchen, diese Lücke an dem so reichen Material des Berliner Zoologischen Museums auszufüllen.

In der zweiten Mitteilung (9a) beschreibt van Deinse eine rechtsseitige Parietalnaht bei *Cercopithecus sabaeus*; dem Schädel fehlte aber das linke Parietale und das Occipitale. Ich würde Bedenken tragen, einen solchen defekten Schädel mit in Betracht zu ziehen, obwohl ich zugebe, daß es sich hierbei doch um echte vorgebildete Nähte handeln könne, wie der von mir mitgeteilte Fall von Atherura mich gelehrt hat. Dasselbe gilt von dem Schädel eines *Papio maimon*(?) (van Deinse setzt das Fragezeichen selbst hinzu). Bei diesem fehlte das Petrosum und die Bulla tympani einer Seite. Bei dem dritten Fall (Schädel von *Macacus nemestrinus*) geht eine vertikale Parietalnaht in die Schläfenschuppe über, worüber im folgenden Kapitel noch einiges angegeben wird. Ein letzter Fall von Cavia cobaya, wo sich im linken Scheitelbein eine unvollständige vertikale Trennungslinie zeigt, betrifft wieder einen sehr defekten Schädel. Der Fall wird von van Deinse selbst als nicht sicher angesehen; ich habe ihn nicht mit in Rechnung gezogen. Bemerkenswert ist, daß van Deinse bei einem 19 Tage alten Fetus von *Lepus cuniculus* ein geteiltes Scheitelbein fand, ähnlich dem von Ranke in dessen Fig. 32 abgebildeten Fall eines menschlichen Fetus (38, S. 328). Über die statistische Verwertung des von van Deinse untersuchten Materials vergleiche die auf Tabelle VI, VII und VIII gemachten Angaben. Bedenken trage ich auch über eine Parietalnaht, die von A. Schück (43) als solche von einem Kinderschädel (Schädel M) beschrieben worden ist. Schück selbst scheint einige Zweifel gehegt zu haben, ob es sich nicht um eine Fraktur handle, weist diese Zweifel jedoch zurück. Die der Beschreibung beigefügte Photographie zeigt indessen an dem oberen Ende der fraglichen Naht ein so auffallendes Bild, daß ich mich von dem Gedanken an ein hier eingewirkt habendes Trauma nicht freimachen kann. Um freilich mit Bestimmtheit sich äußern zu können, müßte man den Schädel in natura genau untersucht haben.

IX. Übergang der Intraparietalnähte in benachbarte Knochen.

In Hrdličkas Abhandlung (23) sind 7 Fälle mitgeteilt (2 von *Cebiden*, 4 von *Macacus*-Arten und einer von *Cercopithecus*), bei denen sich eine direkte Fortsetzung der im Parietale befindlichen Naht mehr oder weniger weit in die Schuppe des Schläfenbeines zeigte; einige von diesen Fällen bezweifelt Hrdlička selbst bezüglich ihres echten Nahtcharakters; ich möchte bis auf weiteres diesen Zweifel für sämtliche Fälle der Art — es sind ähnliche Fortsetzungen auch noch von anderer Seite in einzelnen Fällen angegeben worden — äußern. Jedenfalls müßte hier durch Aufsägen möglichste Sicherstellung versucht werden.

Es sei zu diesen immerhin merkwürdigen Fällen noch folgendes bemerkt: Zoja (49) und Graf Spee (46) haben jeder einen solchen Fall beim Menschen beschrieben. Nach Hrdličkas Befunden, dem van Deinse einen Fall beifügt, kommt ein Übergang der Intraparietalnaht in das Squamosum besonders häufig bei *Macacus* vor. Einmal wurde von Hrdlička auch eine Fortsetzung in das Stirnbein beobachtet. Hrdlička meint die Fortsetzung der Naht in einem Nachbarknochen folgenderweise erklären zu können: Da an den Nahträndern der Knochen wächst, so wird ein Parietale mit vertikaler Naht von dieser aus sich nach vorn und hinten verlängern müssen. Dadurch kann ein zweiseitiger Zug auf das anstoßende mit dem Parietale etwa schon fester verbundene noch in der Ossifikation begriffene Squamosum ausgeübt werden und hier eine Art Naht erzeugen, die als Fortsetzung der Parietalnaht erscheint. Daß die Fortsetzung einer horizontalen Scheitelbeinnaht in das Frontale so viel seltener ist, liegt vielleicht in der anderen Beschaffenheit der Kronennaht. Siehe hierüber auch bei van Deinse (9a).

X. Verhalten der Intraparietalnähte bei den verschiedenen Menschenrassen und Geschlechtern.

Für statistische Angaben, betreffend das Vorkommen von Intraparietalnähten bei den verschiedenen Menschenrassen und bei den beiden Geschlechtern, auf die Hrdlička kurz eingeht, sind meiner Meinung nach noch viel zu wenig Schädel im ganzen untersucht worden. Sollen derartige Angaben Wert erhalten, dann müssen sie sich auf ein weit größeres Material erstrecken, mindestens doch auf mehrere Hunderte von Fällen.

Berry (5) zählt von verschiedenen Völkerschaften auf: die 2 Schädel aus Tennessee, die auch Hrdlička erwähnt, einen Altägypterschädel, einen Maorischädel, einen Schädel von den Admiralitätsinseln, einen Neukaledonier und einen der Ureinwohnerschaft Neuhollands, den Turner be-

schrieben hat, zu welchem als zweiter der von ihm beschriebene kommt. Aus diesen Angaben läßt sich kein Schluß ziehen auf eine besondere Häufigkeit des Vorkommens des Parietale bipartitum bei alten Rassen gegenüber der jetzigen Bevölkerung. Man muß zunächst das prozentische Verhalten zu allen untersuchten Schädeln einer jeden Rasse feststellen. — Berry selbst, ohne sich jedoch bestimmt zu entscheiden, neigt zu einer atavistischen Auffassung des Parietale partitum.

1. Bianchi, S., A proposito di un supposto caso di osso parietale umano tripartito. Atti della R. Accademia dei Fisiocritici in Siena. Ser. IV, Vol. 15, S. 521, 1903. (Anno academico 212.) — Siehe auch ein Referat in den Archives italiennes de Biologie T. XLI, Fasc. III, 1904.

2. Bolk, L., Über eine sehr seltene Verknöcherungsanomalie des Hirnschädels. Petrus Camper, Deel. II, Aflev. 2, 1904.

3. Bolk, L., Über die Obliteration der Nähte am Affenschädel, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Nahtanomalien. 64 Textf. Zeitschr. f. Morphologie und Anthropologie. Bd. XV, S. 1—206, 1913.

4. v. Bardeleben, K., Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen. Berlin und Wien, 1906, Urban und Schwarzenberg.

5. Berry, R., A case of Os parietale bipartitum in an Australian aboriginal skull. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. 44 (Ser. III, Vol. 5, S. I) S. 73—82, 2 Fig., 1909. — Der volle Band 44 trägt die Jahreszahl 1910.

6. Boyd, Stanley, A right parietal bone with a Suture in it. Proceedings of the Anatomical Society of Gr. Britain and Ireland. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. 27 (New Ser. Vol. VII) S. 431. — XXI. — 1893.

7. Brandt, J. E., Untersuchungen über die kraniologischen Entwicklungsstufen und Verwandtschaften der Nager der Jetztzeit. Memoiren der Akademie von St. Petersburg, 1855, V Abhandlung, S. 220.

8. Davida, E., Beiträge zur Persistenz der transitorischen Nähte. Anatom. Anzeiger, Bd. 46, S. 399, 1914.

9. Deinse, A. B. van, The sutura parietalis of the mammals. Anat. Anzeiger, Bd. 41, 1912, S. 347—351.

9a. Deinse, A. B. van, Again the sutura parietalis of the mammals. Anat. Anzeiger, Bd. 45, 1914, S. 289—301.

10. Dillenius, Juliane A., Das Scheitelbein unter dem Einfluß der fronto-occipitalen Schädeldeformation. Arch. f. Anthropologie, Neue Folge, Bd. 11, S. 113, 1912 (39. Band der ganzen Reihe).

11. Le Double, Traité des Variations des Os du Crâne de l'homme et de leur signification au point de vue de l'Anthropologie zoologique. Paris, Vigot frères, 1903.

12. Frassetto, F., Appunti preliminari di Craniologia. Anat. Anzeiger, Bd. 19, 1901, S. 612—623.

13. Frassetto, Fabio, Notes de Craniologie comparée. Annales des Sciences naturelles. Zoologie. T. XVII, 1903, S. 143.

14. Frassetto, F., Parietali tripartiti in crani umani e di scimmie. Monitore zoologico italiano. Anno XV, Firenze, 1904, S. 386, 13 Figuren.

15. Frassetto, F., Per un parietale tripartito supposto inesistente. Monitore zoologico italiano. Anno XVI, Firenze, 1905, S. 186.

16. Frassetto, F., Sullo sviluppo delle ossa del Cranio nell' uomo ed in altri primati. Bologna 1912. (120 Seiten.)

17. Frassetto, F., Lezioni di Antropologia. Bologna, 1913.

18. Fusari, R., Sulla divisione e sulle fessure marginali dell' osso parietale nella specie umana. Archivio per le scienze mediche, diretto da Marpurgo e Fusari. Torino, 1904. Vol. 28, S. 25—46.

19. Fusari, R., A proposito di un cranio presentante l' osso parietale tripartito. Con 2 figure nel testo. S. 579—584. Archivio italiano di Anatomia e di Embriologia. Vol. II, Fasc. 3. Firenze, 1903. — Siehe auch. ein Referat in den Archives italiennes de Biologie, T. XLI, Fasc. III, 1904.

20. Gaupp, E., Die Entwicklung des Kopfskelettes. Kapitel VI des von O. Hertwig herausgegebenen Handbuches der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere. Bd. III, Teil 2. Jena, G. Fischer, 1906.

21. Giuffrida-Ruggeri, V., Le ossificazioni di spazi suturali e i parietali divisi. Monitore zoologico italiano. Anno XV, Firenze, 1904, S. 172.

22. Giuffrida-Ruggeri, V., Gli pseudo-parietali tripartiti di Frassetto. Ibid. Anno XVI, Firenze, 1905, S. 64.

23. Hrdlička, Ales, Divisions of the Parietal Bone in Man and other Mammals. Plates VII—XXII and 39 text figures. S. 231—386. Bulletin of the American Museum of Natural History, Vol. XIX, 1903. New York, 1903 (Published by Order of the Trustees).

24. Hrdlička, Ales, Further Instances of parietal Division. The American Naturalist. Vol. XXXVIII. Boston, 1904, S. 301—303.

24a. Hrdlička, Ales, Anatomical observations on a collection of Orang skulls from Western Borneo. With a Bibliography. Proceedings of the U. S. National Museum. Vol. XXXI S. 539, 1907.

25. Hultkrantz, W., Über Dysostosis cleidocranialis (Kongenitale Schädel- und Schlüsselbeinanomalien). Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie, Bd. 11, 1908, S. 385.

26. Kantor, H., Geteilte Scheitelbeine bei *Macacus rhesus*. 2 Textfiguren. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie, herausgegeben von G. Schwalbe. Bd. VII, S. 543, 1904.

27. Kollmann, J., Handatlas der Entwicklungsgeschichte des Menschen. 1907 (Abbildung der beiden Ossifikationszentren des Parietale).

28. Macklin, The skull of an human fetus of 40 mm. American Journ. of Anatomy, Vol. XVI, 1914.

29. Maggi, L., Suture ed ossa intraparietali nel cranio umano di bambino e di adulto. 1 Tav. R. Istituto Lombardo di Scienze e lett. Ser. 2, Vol. 37, Fasc. 9, S. 419—430, 1904.

30. Mall, F. P., On Ossification Centres in Human Embryos less than one hundred days old. American Journ. of Anat. Vol. 5, 1906, S. 433—458.

31. Mannu, A., Solco suturale del parietale di un bambino di 3 anni. Rivista di Antropologia, Vol. 16, 1911.

32. Marro, G., Sur la Division du pariétal (avec trois observations originelles dans des Crânes d'Idiotes). Archivio di Psich. Neuropatol. Antropol. crim. e Med. leg. Vol. 28, 1907, S. 653—673.

33. Marro, G., Variations crâniennes chez les criminels et les aliénés. (VI Congrès international d'Anthropologie criminelle) — Archivio di psichiatria, neuropatologia, antropologia criminale e mediciana legale. Vol. 28 (Vol. IV della Ser. II). Milano, 1907.

34. Matiegka, H., Über einen Fall von partieller Zweiteilung des Scheitelbeins beim Menschen. Sitzungsberichte der Kgl. Böhmischen Gesellsch. d. Wissensch., Math. natw. Kl. XXVII. Bd., 1905 (Sitzung 1. Juli 1905).

35. Patten, A rare form of divided parietal in the Cranium of a Chimpanzee. Report of the British Associat. for the Advancement of Science. Sheffield, 1910. (Ausführliche Mitteilung im Journal of the Royal Anthropological Institute.)

36. Patten, C. J., The interpretation of Division of the Parietal Bone as observed in the Crania of certain Primates. Rep. of the 81st Meeting British Association. Portsmouth, 1911, S. 509.

37. Patten, C. J., Cranium of a young Orang, showing bilateral and symmetrical complete bipartite division of the Parietales. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. 46, P. 1, S. 28—32, 1911. (Der Vollband trägt die Jahreszahl 1912.)

38. Ranke, J., Die überzähligen Hautknochen des menschlichen Schädeldaches. Abhandl. der Kgl. Bayerischen Akademie der Wissensch. II. Klasse. XX. Bd., 2. Abt., S. 1—81. (S. 275—355.) 1899.

39. Ranke, J., Über das Intraparietale und die Verknöcherung des Schädeldaches bei Affen. Sitzungsber. der Kgl. Bayerischen Akad. d. Wissensch. München, 1913, S. 223 bis 269.

40. Ranke, J., Die Schädelnähte und basalen Fugen bei Menschen und Menschenaffen. Ebendaselbst, S. 397—460.

41. Regnault, F., Sur un cas d'absence du nez et de division de l'os pariétal. Bullet. et Mém. de Société anatomique de Paris, Annee 76 (Ser. VI, T. 3), 1902.

42. Regnault, F., Os pariétaux bipartites sur un crâne atteint de dysplasie. Bull. et Mém. de la Soc. d'Anthropologie de Paris. Ser. V, T. 10, Fasc. 1, S. 42—43, 1909.

43. Schück, A., Über zwei Kinderschädel mit verschiedenen Nahtanomalien. Anat. Anz. 1912, Bd. 41, S. 89—97.

44. Schwalbe, G., Über geteilte Scheitelbeine. Mit Tafel XIX und 19 Textfiguren. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie. Bd. VI, S. 361—434. Stuttgart, Erwin Nägele, 1903.

45. Sergi, Sergio, Di una divisione della porzione infratemporale della grande ala dello sphenoide nell' uomo. Rivista di Antropologia. Vol. 17, 1912.

46. v. Spee, Graf, in »Handbuch der Anatomie des Menschen«, hersg. von K. v. Bardeleben, Bd. I, Abt. 2, Skeletlehre. Zweite Abteilung: Kopf. Jena, G. Fischer, 1896.

47. Toldt, C., Osteologische Mitteilungen. 2. Über die Entwicklung des Scheitelbeins beim Menschen. Zeitschrift für Heilkunde (als Fortsetzung der Prager Vierteljahrsschrift für praktische Heilkunde). Bd. IV. Prag und Leipzig, 1883. S. 69, spez. S. 83—86.

48. Welcker, H., Untersuchungen über Wachstum und Bau des menschlichen Schädels. I. Leipzig, 1862. Gr. 4°. W. Engelmann. (S. 108 ff.)

49. Zoja, G., Il gabinetto di Anatomia normale della R. Università di Pavia. 1874 und 1875 (zitiert nach Schwalbe und van Deinse).

Erklärung der Tafelzeichnungen.

Taf. I Fig. 1. Schädel eines Erwachsenen, verkleinert, linke Seitenansicht (siehe Text S. 5 u. 6).
" 2. Schädeldach eines Erwachsenen, linke Seitenansicht, natürliche Größe (siehe Text S. 6 u. 7).
Taf. II " 3. Schädel eines männlichen Fetus von 128 mm Körperlänge, rechte Seitenansicht; natürliche Größe (siehe Text S. 8).
" 4. Schädel eines männlichen Fetus von 111 mm Körperlänge, natürliche Größe, rechte Seitenansicht. Beide Ossifikationszentren des Scheitelbeins getrennt (siehe Text S. 8).
" 5. Derselbe Schädel, linke Seitenansicht; beide Ossifikationszentren des Scheitelbeins fast gänzlich verschmolzen (siehe Text S. 9).
" 6. Schädel eines männlichen Fetus von 175 mm Körperlänge, natürliche Größe; rechte Seitenansicht; Spuren einer Intraparietalnaht (siehe Text S. 10).
" 7. Schädel eines 6monatigen Fetus (siehe Text S. 10).
Taf. III " 8. Menschlicher Schädel unbekannter Herkunft; fast natürliche Größe. Vortäuschung einer Scheitelbeinnaht durch eine verheilte Bruchlinie. Rechte Seitenansicht (siehe Text S. 51).
Taf. IV " 9, 10, 11. Schädel eines jungen Orang; fast natürliche Größe: 9, linke Seitenansicht, vollständige Zeichnung; 10, rechte Seitenansicht, nur zum Teil gezeichnet; 11, Ansicht von oben (siehe Text S. 13 u. 14).

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

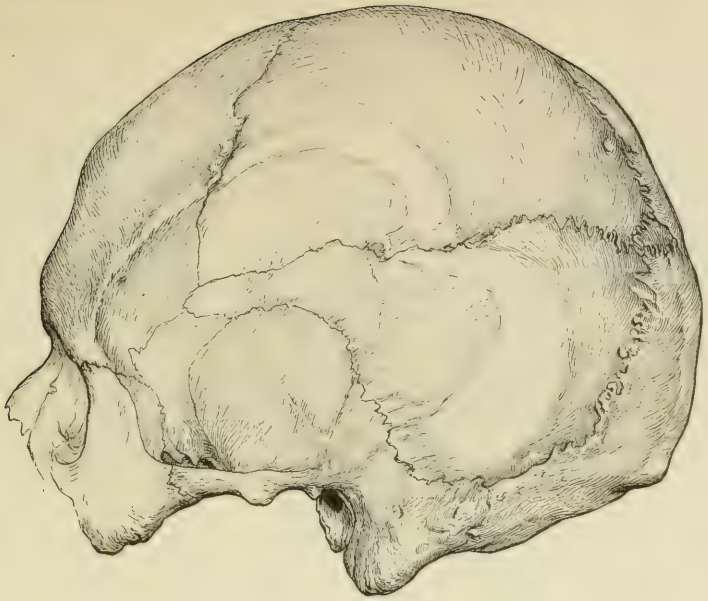


Fig. 1.

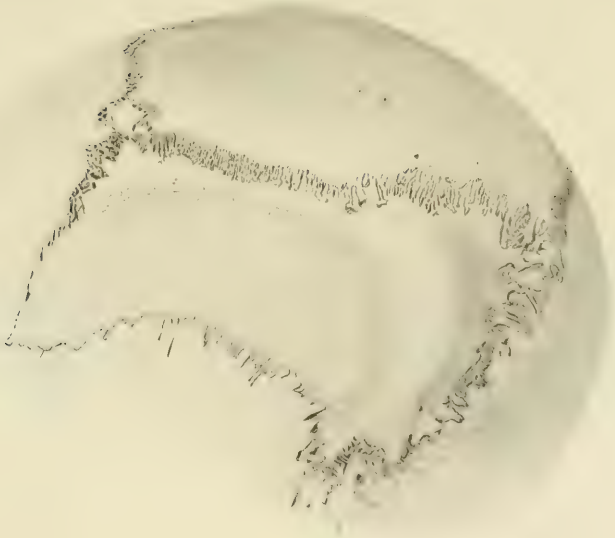


Fig. 2. Schädel eines Erwachsenen (Jenenser anat. Sammlung).
Linke Seite. Prof. von Bardeleben ded.

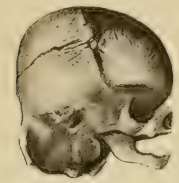


Fig. 3.

Fig. 4.

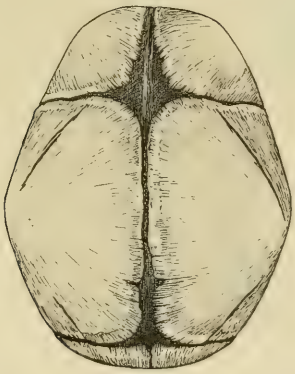


Fig. 7.

Fig. 5.

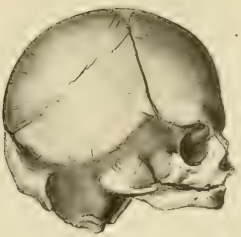


Fig. 6.

von Waldeyer-Hartz: Über Intraparietalnähte. Taf. II.

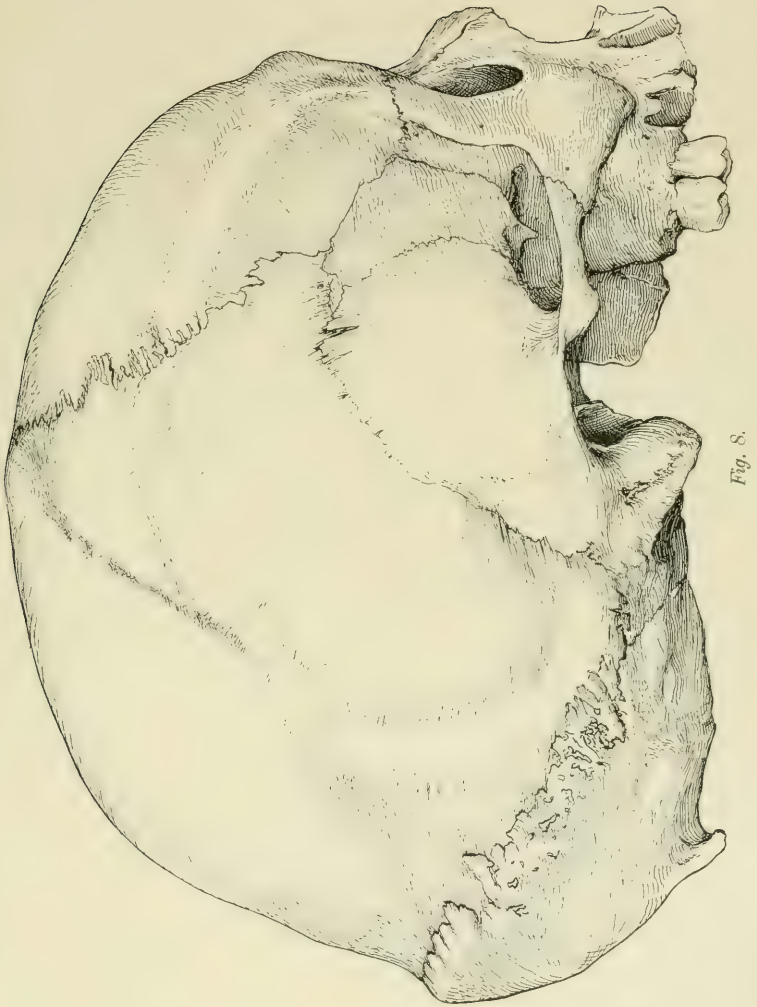


Fig. 8.

von Waldeyer-Hartz: Über Intraparietalnähte. Taf. III.

Fig. 9. Schädel eines jungen Orang.
Dr. R. Wegner, Rostock, Besitzer.
Gez. vom (†) Maler Frohse. 28. Nov. 1916.
Linke Lateralansicht.

Fig. 10. Schädel eines jungen Orang
im Besitze des Dr. R. Wegner.
Rechte Lateralansicht

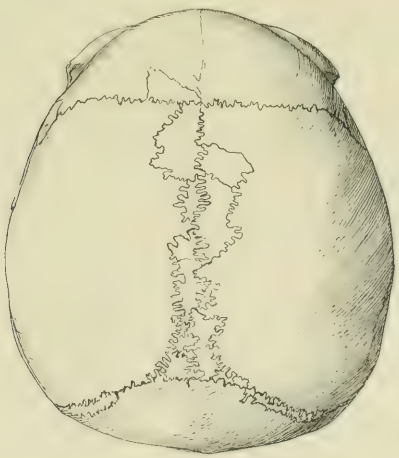


Fig. 11. Orang im Besitze von Dr. R. Wegner, Rostock.
Ansicht von oben und hinten.

von Waldeyer-Hartz: Über Intraparietalnähte. Taf. IV.

ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

MIT 7 TAFELN

Smithsonian Institution
16587
FEB 3 1921
Office Library

BERLIN 1918

VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

MIT 7 TAFELN

Smithsonian Institution
26587
FEB 8 1921
Office Library

BERLIN 1918

VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

Inhalt

Öffentliche Sitzungen . . . . . S. VII
Verzeichnis der im Jahre 1918 gelesenen Abhandlungen . . . S. VIII—XIV
Bericht über eine neue Preisausschreibung . . . . . S. XIV—XV
Verzeichnis der im Jahre 1918 erfolgten besonderen Geldbewilligungen aus akademischen Mitteln zur Ausführung wissenschaftlicher Unternehmungen . . . . . S. XV—XVII
Veränderungen im Personalstande der Akademie im Laufe des Jahres 1918 S. XVII—XVIII
Verzeichnis der Mitglieder der Akademie am Schlusse des Jahres 1918 nebst den Verzeichnissen der Inhaber der Helmholtz- und der Leibniz-Medaille und der Beamten der Akademie, sowie der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw. . . . . S. XIX—XXXI

VON WALDEYER-HARTZ: Gedächtnisrede auf August Brauer . . . Ged. Red. S. 1—6

Abhandlungen

Nr. 1. G. STRUVE: Neue Elemente der inneren Saturnstrabanten . . S. 1—131
„ 2. W. KÖHLER: Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa . . S. 1—101
„ 3. O. AICHEL: Kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer. (Mit 5 Tafeln) . . . S. 1—109
„ 4. F. K. GINZEL: Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse und zur Frage ihrer Verwendbarkeit. (Mit 2 Tafeln) S. 1—43

JAHR 1918.

Öffentliche Sitzungen.

Sitzung am 24. Januar zur Feier des Geburtsfestes Seiner Majestät des Kaisers und Königs und des Jahrestages König Friedrichs II.

Der an diesem Tage vorsitzende Sekretar Hr. von Waldeyer-Hartz eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache. Darauf erstattete Hr. Sachau einen eingehenderen Bericht über die Ausgabe des Ibn Saad. Es folgte der wissenschaftliche Festvortrag von Hrn. Eduard Meyer: Vorläufer des Weltkriegs im Altertum. Zum Schluß wurde verkündigt, daß die Akademie die Bradley-Medaille dem Direktor der Sternwarte zu Bonn Geheimen Regierungsrat und ordentlichen Universitäts-Professor Dr. Friedrich Küstner verliehen habe.

Sitzung am 4. Juli zur Feier des Leibnizischen Jahrestages.

Hr. Diels, als vorsitzender Sekretar, eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache über Leibniz als Vorkämpfer für das Deutsche Reich und die deutsche Sprache.

Darauf hielten die seit dem letzten Leibniz-Tage (28. Juni 1917) neu eingetretenen Mitglieder ihre Antrittsreden, die von den beständigen Sekretaren beantwortet wurden, nämlich die HH. Kehr — Erwiderung von Hrn. Roethe, Stutz — Erwiderung von Hrn. Diels, Heymann — Erwiderung von Hrn. Roethe und Tangl — Erwiderung von Hrn. Diels. Daran schlossen sich Gedächtnisreden auf Gustav von Schmoller von Hrn. Hintze und auf August Brauer von Hrn. von Waldeyer-Hartz.

Sodann wurden Mitteilungen gemacht über die Akademische Preisaufgabe für 1922 aus dem Gebiete der Botanik und über das Stipendium der Eduard-Gerhard-Stiftung.

Schließlich wurde verkündigt, daß die Akademie die Leibniz-Medaille in Gold dem Präsidenten des Reichsbankdirektoriums Wirklichen Geheimen Rat Dr. Rudolf Havenstein in Berlin verliehen habe.

Verzeichnis der im Jahre 1918 gelesenen Abhandlungen.

Physik und Chemie.

Beckmann, über die Einwirkung von Aldehyden auf Phenole. (Kl. 17. Jan.; *SB.* 5. Dez.)

Einstein, über Gravitationswellen. (GS. 31. Jan.; *SB.* 14. Febr.)

Fischer und G. Anger, Synthese des Linamarins. (GS. 28. Febr.; *SB.*)

Planck, die Grundlagen der Quantentheorie. (Kl. 7. März.)

Einstein, Kritisches zu einer von Hrn. De Sitter gegebenen Lösung der Gravitationsgleichungen. (Kl. 7. März; *SB.*)

Warburg, über den Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen in Gasen. VII. (Kl. 21. März; *SB.*)

Epstein, Dr. P. S., über die Struktur des Phasenraumes bedingt periodischer Systeme. Vorgelegt von Planck. (Kl. 25. April; *SB.* 2. Mai.)

Nernst, über Versuche, die eine sichere Aufzeichnung von rasch veränderlichen Drucken bezwecken. (GS. 2. Mai.)

Weyl, Prof. H., Gravitation und Elektrizität. Vorgelegt von Einstein. (GS. 2. Mai; *SB.* 30. Mai.)

Einstein, der Energiesatz in der allgemeinen Relativitätstheorie. (Kl. 16. Mai; *SB.*)

Neuberg, Prof. K., über eine allgemeine Beziehung der Aldehyde zu der alkoholischen Gärung und den Atmungsvorgängen. Vorgelegt von Beckmann. (Kl. 16. Mai; *SB.* 6. Juni.)

Born, Prof. M., über die Maxwellsche Beziehung zwischen Brechungsindex und Dielektrizitätskonstante und über eine Methode zur Bestimmung der Ionenladung in Kristallen. Vorgelegt von Rubens. (GS. 13. Juni; *SB.*)

Einstein, über eine Vereinfachung der Riemannschen Theorie der Krümmung und die Weylsche Theorie über Gravitation und Elektrizität. (Kl. 20. Juni.)

Born, Prof. M., die elektromagnetische Masse der Kristalle. Vorgelegt von Planck. (Kl. 11. Juli; *SB.*)

Lichtenstein, Prof. L., über einige Eigenschaften der Gleichgewichtsfiguren rotierender homogener Flüssigkeiten, deren Teilchen einander nach dem Newtonschen Gesetz anziehen. Vorgelegt von Einstein. (GS. 17. Okt.; *SB.* 28. Nov.)

Born, Prof. M., und A. Landé, über die absolute Berechnung der Kristalleigenschaften mit Hilfe Bohrscher Atommodelle. Vorgelegt von Einstein. (GS. 17. Okt.; *SB.* 14. Nov.)

Beckmann, die Beschaffung der Kohlehydrate im Kriege. (Kl. 24. Okt.)

Fischer, Synthese von Depsiden, Flechtenstoffen und Gerbstoffen. II. (Kl. 28. Nov.; *SB.*)

Planck, zur Quantelung des asymmetrischen Kreisels. (Kl. 5. Dez.; *SB.*)

Warburg, über den Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen. VIII. (Kl. 19. Dez.; *SB.*)

Mineralogie und Geologie.

Nacken, Prof. R., über die Grenzen der Mischkristallbildung zwischen Kaliumchlorid und Natriumchlorid. Vorgelegt von Liebisch. (Kl. 21. Febr.; *SB.*)

Liebisch, über Kristalle mit optischem Drehungsvermögen. (Kl. 11. Juli; *SB.* 25. Juli.)

Botanik und Zoologie.

Correns, zur Kenntnis einfacher mendelnder Bastarde. (Kl. 7. Febr.; *SB.* 28. Febr.)

Correns, Fortsetzung der Versuche zur experimentellen Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. (Kl. 7. Nov.; *SB.* 5. Dez.)

Anatomie und Physiologie, Pathologie.

von Waldeyer-Hartz, über Mikrocephalengehirne. Zweite Mitteilung. (Kl. 21. Febr.; *Abh.*)

Aichel, Prof. O., kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer. Vorgelegt von v. Waldeyer-Hartz. (Kl. 11. April; *Abh.*)

Rubner, die Verdaulichkeitsverhältnisse bei einer aus verschiedenen Nahrungsmitteln gemengten Kost. (Kl. 16. Mai; *SB.*)

Orth, Colitis und Gastritis cystica. (Kl. 6. Juni.)

Haberlandt, über Zellwandverdauung. (GS. 18. Juli.)

Astronomie, Geographie und Geophysik.

Struve, Dr. G., neue Elemente der inneren Saturnstrabanten, abgeleitet aus den in Washington und an der Yerkes-Sternwarte angestellten Beobachtungsreihen 1903—1914. Vorgelegt von Struve. (GS. 10. Jan.; *Abh.*)

Freundlich, Dr. E., über die singulären Stellen der Lösungen des *n*-Körper-Problems. Erste Mitteilung. Vorgelegt von Einstein. (GS. 31. Jan.; *SB.* 14. Febr.)

Hellmann, über milde Winter. (GS. 28. Febr.; *SB.*)

Struve, Prüfung der Uhrwerke an den Äquatorealen der Babelsberger Sternwarte. (Kl. 25. April; *SB.* 27. Juni.)

Struve, über die Entdeckung der Nova Aquilae durch Prof. Courvoisier am 9. Juni und die seitdem an der Babelsberger Sternwarte ausgeführten Beobachtungen der Nova. (GS. 13. Juni.)

Ginzel, Prof. F. K., über die Störungen der Bahn des Olbersschen Kometen in der Marsnähe 1887. Vorgelegt von Struve. (Kl. 20. Juni; *SB.* 27. Juni.)

Ginzel, Prof. F. K., Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse und zur Frage ihrer Verwendbarkeit. Vorgelegt von Struve. (GS. 18. Juli; *Abh.*)

Hellmann, über die nächtliche Abkühlung der bodennahen Luftschicht. (Kl. 25. Juli; *SB.*)

Hellmann, über warme und kalte Sommer. (Kl. 25. Juli; *SB.* 17. Okt.)

Süring, Prof. R., über Neigungen von Wolkenschichten. Vorgelegt von Hellmann. (Kl. 25. Juli; *SB.*)

Rubens, die Energiequellen der Erde. (GS. 31. Okt.)

Mathematik.

Schwarz, über die Überführung des Dandelinschen Beweises für den Brianchonschen Satz in einen elementaren reingeometrischen Beweis. (Kl. 11. April.)

Mechanik.

Müller-Breslau, über wissenschaftliche Aufgaben der Flugtechnik. (GS. 4. April.)

Philosophie.

Köhler, Dr. W., Nachweis einfacher Strukturfunktionen beim Schimpansen und beim Haushuhn. Vorgelegt von Stumpf. (GS. 2. Mai; *Abh.* unter dem Titel: Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa. IV.)

Stumpf, über die Attributenlehre Spinozas. (GS. 14. Nov.; *Abh.*)

Stumpf, Empfindung und Vorstellung. (Kl. 13. März 1913 und 26. Okt. 1916; *Abh.*)

Geschichte des Altertums.

Kirchner, Prof. J., Archon Euthios. Vorgelegt von v. Wilamowitz-Moellendorff. (Kl. 7. Febr.; *SB.*)

Schuchhardt, über die sogenannten »Trajanswälle« in der Dobrudscha. (GS. 18. April; *Abh.*)

de Groot, über einige der ältesten Quellenberichte über chinesische Fremdvölker. (Kl. 25. April.)

Frhr. Hiller von Gaertringen, Prof. F., aus der Belagerung von Rhodos 304 v. Chr. Vorgelegt von v. Wilamowitz-Moellendorff. (GS. 27. Juni; *SB.* 18. Juli.)

Plaumann, Dr. G., der Idioslogos. Untersuchung zur Finanzverwaltung Ägyptens in hellenistischer und römischer Zeit. Vorgelegt von Seckel. (GS. 14. Nov.; *Abh.*)

Kirchengeschichte.

von Harnack, der »Eros« in der alten christlichen Literatur. (GS. 31. Jan.; *SB.*)

Moritz, Prof. B., zur Geschichte des Sinaiklosters im Mittelalter. Vorgelegt von Sachau. (Kl. 7. Febr.; *Abh.*)

Gressmann, Prof. H., vom reichen Mann und armen Lazarus. Vorgelegt von v. Harnack. (GS. 2. Mai; *Abh.*)

Holl, über Zeit und Heimat des pseudotertullianischen Gedichts adv. Marcionem. (Kl. 6. Juni; *SB.*)

von Harnack, der Spruch über Petrus als den Felsen der Kirche (Matth. 16, 17 f.). (Kl. 20. Juni; *SB.* 27. Juni.)

von Harnack, zur Geschichte der Anfänge der inneren Organisation der stadtrömischen Kirche. (Kl. 7. Nov.; *SB.*)

Rechts- und Staatswissenschaft.

Seckel, Azos Bearbeitung der Codex-Summe des Johannes Bassianus. (Kl. 17. Jan.)

Seckel, über die neuerworbene Volumen-Handschrift der Berliner Königlichen Bibliothek. (GS. 30. Mai.)

Stutz, über die Entstehung und die Bedeutung des Codex iuris canonici. (GS. 13. Juni.)

Meinecke, die Auffassung Luthers über christliches Gemeinwesen und christlichen Staat. (Kl. 20. Juni.)

Sering, über die Agrarverfassung in Preußen und im Baltenlande. (Kl. 25. Juli.)

Allgemeine, deutsche und andere neuere Philologie.

W. Schulze, Beiträge zur Wort- und Sittengeschichte. I. II. III. (GS. 10. Jan.; *SB.* 4. April, 30. Mai und 18. Juli.)

Brandl, über die Urstammtafel der englischen Könige. (Kl. 17. Jan.)

Heusler, über den Stil des Heliand, gemessen an dem der englischen Epen und der weltlichen Lieder. (GS. 14. Febr.)

Trautmann, Prof. R., zwei žemaitische Erzählungen. Vorgelegt von W. Schulze. (Kl. 21. Febr.; *SB.* 25. Juli.)

Wackernagel, Indoiranisches. (Kl. 7. März; *SB.* 18. April.)

Roethe, Bemerkungen zur Kritik des Walthertextes. (Kl. 21. März.)

K. Meyer, an Crinōg. Ein altirisches Gedicht an eine Syneisakte. (Kl. 11. April; *SB.*)

Baesecke, Prof. G., Muspilli. Vorgelegt von Roethe. (Kl. 11. April; *SB.* 25. April.)

von Unwerth, Prof. W., Proben deutsch-russischer Mundarten aus den Wolgakolonien und dem Gouvernement Cherson. Vorgelegt von Heusler. (Kl. 16. Mai; *Abh.*)

von Wartburg, W., zur Benennung des Schafes in den romanischen Sprachen. Vorgelegt von Morf. (GS. 30. Mai; *Abh.*)

Schneider, Prof. H., Uhland und die deutsche Heldensage. Vorgelegt von Roethe. (GS. 30. Mai; *Abh.*)

K. Meyer, zur keltischen Wortkunde. VIII. (Kl. 20. Juni; *SB.*)

W. Schulze und Lüders, über ihre Arbeiten im Inderlager zu Slobozia. (Kl. 11. Juli.)

Burdach, die Entdeckung des Minnesangs und die deutsche Sprache. (GS. 17. Okt.; *SB.*)

Burdach, über den Ursprung des mittelalterlichen Minnesangs, Liebesromans und Frauendienstes 6. 7. (Kl. 21. Nov.; *SB.*)

K. Meyer, zur Metrik von Saltair na Rann. (GS. 17. Okt.; *SB.*)

Leitzmann, Prof. A., die Entstehungszeit von Goethes Episteln. Vorgelegt von Burdach. (GS. 17. Okt.; *SB.* 31. Okt.)

K. Meyer, Nordisch-Irisches. (GS. 31. Okt.; *SB.* 14. Nov.)

Singer, Prof. S., arabische und europäische Poesie im Mittelalter. Vorgelegt von Burdach. (GS. 14. Nov.; *Abh.*)

Klassische Philologie.

Diels und Dr. E. Schramm, Herons Belopoiika, griechisch und deutsch. (GS. 28. Febr.; *Abh.*)

Helmreich, Dr. G., handschriftliche Studien zu Meletius. Vorgelegt von Diels. (GS. 2. Mai; *Abh.*)

Norden, über einzelne die Germania des Tacitus betreffende Probleme. (Kl. 16. Mai.)

Wenkebach, Dr. E., das Proömium Galens zu den Epidemien des Hippokrates. Vorgelegt von Diels. (GS. 30. Mai; *Abh.*)

von Wilamowitz-Moellendorff, Dichterfragmente aus der Papyrussammlung der Kgl. Museen. (GS. 27. Juni; *SB.* 18. Juli.)

Schubart, Prof. W., ein griechischer Papyrus mit Noten. Vorgelegt von v. Wilamowitz-Moellendorff. (GS. 27. Juni; *SB.* 18. Juli.)

Diels und Dr. E. Schramm, Philons Belopoiika (Viertes Buch der Mechanik), griechisch und deutsch. (GS. 17. Okt.; *Abh.*)

Jensen, Prof. Chr., Neoptolemos und Horaz. Vorgelegt von Diels. (GS. 17. Okt.; *Abh.*)

Diels, Lukrezstudien. I. (Kl. 24. Okt.; *SB.*)

von Wilamowitz-Moellendorff, Kerkidas. (Kl. 5. Dez.; *SB.*)

Archäologie und Kunstwissenschaft.

Dragendorff, über die archäologischen Ergebnisse meiner Reisen in das nördliche und mittlere Mazedonien. (GS. 14. März.)

Goldschmidt, über den Illustrator der burgundischen Wavrinhandschriften. (GS. 27. Juni.)

Dragendorff, über die Mainzer Jupitersäule. (GS. 17. Okt.)

Orientalische Philologie.

Sieg, Prof. E., ein einheimischer Name für Toχrï. Vorgelegt von F. W. K. Müller. (Kl. 7. Febr.; *SB.* 6. Juni.)

F. W. K. Müller, Toχrï und Kuišan (Küšän). (Kl. 7. Febr.; *SB.* 6. Juni.)

Möller, Dr. G., zwei ägyptische Eheverträge. Vorgelegt von Erman. (Kl. 21. Febr.; *Abh.*)

Lüders, nata und natāka in der indischen Literatur der vorchristlichen Zeit. (Kl. 7. März.)

Meißner, Prof. B., ein Entwurf zu einem neubabylonischen Gesetzbuch. Vorgelegt von E. Meyer. (Kl. 7. März; *SB.* 21. März.)

Schubring, Dr. W., Einleitung in das Mahānisiha-Sutta. Vorgelegt von Lüders. (GS. 14. März; *Abh.*)

Weil, Dr. G., Bericht über seine Arbeiten im Weinbergslager (Wünsdorf) vom 10. November 1917 bis 5. März 1918. Vorgelegt von Sachau. (Kl. 25. Juli; *SB.*)

Pelissier, R., mischär-tatarische Sprachproben. Vorgelegt von W. Schulze. (Kl. 25. Juli; *Abh.*)

Erman, Reden, Rufe und Lieder auf Gräberbildern des alten Reiches. (GS. 17. Okt.; *Abh.*)

Praetorius, Textkritische Bemerkungen zum Buche Amos. (Kl. 19. Dez.; *SB.*)

Amerikanistik.

Seler, Ornamentik von Nazca im Küstengebiete von Südperu. (Kl. 21. Febr.; *Abh.*)

Bericht über eine neue Preisausschreibung.

(Leibniz-Sitzung vom 4. Juli 1918.)

Akademische Preisaufgabe für 1922.

Die Akademie stellt für das Jahr 1922 folgende Preisaufgabe:

»Sekundäre Geschlechtsmerkmale sind im Tierreich allgemein verbreitet. Für das Pflanzenreich liegen nur wenige und zum Teil widersprechende Angaben darüber vor, wie weit die Geschlechter diözischer Arten an morphologischen, anatomischen und physiologischen Merkmalen der vegetativen

Organe unterschieden werden können. Es sollen die vorhandenen Angaben kritisch gesammelt und unsere Kenntnisse durch neue Untersuchungen fester begründet und erweitert werden.«

Der ausgesetzte Preis beträgt fünftausend Mark.

Die Bewerbungsschriften können in deutscher, lateinischer, französischer, englischer oder italienischer Sprache abgefaßt sein. Schriften, die in störender Weise unleserlich geschrieben sind, können durch Beschluß der zuständigen Klasse von der Bewerbung ausgeschlossen werden.

Jede Bewerbungsschrift ist mit einem Spruchwort zu bezeichnen und dieses auf einem beizufügenden versiegelten, innerlich den Namen und die Adresse des Verfassers angebenden Zettel äußerlich zu wiederholen. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen. Zurückziehung einer eingelieferten Preisschrift ist nicht gestattet.

Die Bewerbungsschriften sind bis zum 31. Dezember 1921 im Bureau der Akademie, Berlin NW 7, Unter den Linden 38, einzuliefern. Die Verkündigung des Urteils erfolgt in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1922.

Sämtliche bei der Akademie zum Behuf der Preisbewerbung eingegangenen Arbeiten nebst den dazugehörigen Zetteln werden ein Jahr lang von dem Tage der Urteilsverkündigung ab von der Akademie für die Verfasser aufbewahrt. Nach Ablauf der bezeichneten Frist steht es der Akademie frei, die nicht abgeforderten Schriften und Zettel zu vernichten.

Verzeichnis der im Jahre 1918 erfolgten besonderen Geldbewilligungen aus akademischen Mitteln zur Ausführung wissenschaftlicher Unternehmungen.

Es wurden im Laufe des Jahres 1918 bewilligt:

2300	Mark	dem Mitglied der Akademie Hrn. Engler zur Fortführung des Werkes »Das Pflanzenreich«.
4000	»	zur Fortführung des Unternehmens »Das Tierreich«.
6000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Hintze zur Fortführung der Herausgabe der Politischen Korrespondenz Friedrichs des Großen.
4000	»	der Deutschen Kommission zur Fortführung ihrer Arbeiten.

20000	Mark	der Orientalischen Kommission zur Fortführung ihrer Arbeiten.
1200	»	für die im Verein mit anderen deutschen Akademien unternommene Fortsetzung des Poggendorffschen biographisch-literarischen Lexikons.
667	»	für die von den kartellierten deutschen Akademien ausgesandte Expedition nach Teneriffa zum Zweck von lichtelektrischen Spektraluntersuchungen.
1000	»	zur Förderung des Unternehmens des Thesaurus linguae Latinae über den etatsmäßigen Beitrag von 5000 Mark hinaus.
1500	»	zur Bearbeitung der hieroglyphischen Inschriften der griechisch-römischen Epoche für das Wörterbuch der ägyptischen Sprache.
800	»	zu der von den kartellierten deutschen Akademien unternommenen Herausgabe der mittelalterlichen Bibliothekskataloge.
800	»	für das vom Kartell der deutschen Akademien unterstützte Arabische Wörterbuch des Hrn. Prof. Dr. August Fischer in Leipzig.
1000	»	und weiter 500 Mark dem Mitglied der Akademie Hrn. Morf zur Fortsetzung seiner baskischen Forschungen.
1500	»	Demselben zu phonographischen Aufnahmen italienischer Dialekte in deutschen Gefangenenlagern.
1000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Wilhelm Schulze zur Fortführung seiner ostfinnischen Untersuchungen und zu avarischen Sprachaufnahmen.
500	»	Hrn. Prof. Dr. Thomas Bokorny in München zu Untersuchungen über die Enzyme.
500	»	Hrn. Prof. Dr. Friedrich Dahl in Berlin zur Erforschung der Spinnenfauna des südöstlichen Teils der Provinz Schlesien.
1000	»	Hrn. Dr. Karl Freudenberg in Berlin zu chemischen Experimentalarbeiten über Gerbstoffe, Zucker und Alkaloide.
2000	»	Hrn. Prof. Dr. Arrien Johnsen in Kiel zur Beschaffung einer Gaedeschen Quecksilberluftpumpe behufs Ausführung kristallographischer Untersuchungen.
1450	»	dem P. Raphael Kögel O. S. B. in Beuron (Hohenzollern) zur Förderung seines Verfahrens zur photographischen Wiedergabe von Palimpsesten.

900 Mark Hrn. Pfarrer Dr. R. F. Merkel in Gustenfelden bei Schwabach-Nürnberg zur Herausgabe seiner Arbeit über Leibniz und die Chinamission.

2650 » Hrn. Prof. Dr. Adolf Schmidt in Potsdam zur Fortführung seines Archivs des Erdmagnetismus.

600 » Hrn. Prof. Dr. Friedrich Schwally in Königsberg i. Pr. zu Arbeiten über die Geschichte des Korans.

Veränderungen im Personalstande der Akademie im Laufe des Jahres 1918.

Es wurden gewählt:

zu ordentlichen Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Karl Heider
» Erhard Schmidt
» Gustav Müller
» Rudolf Fick

bestätigt durch K. Kabinettsorder vom 1. August 1918;

zu ordentlichen Mitgliedern der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Paul Kehr
» Ulrich Stutz
» Ernst Heymann
» Michael Tangl

bestätigt durch K. Kabinettsorder vom 4. März 1918;

zum korrespondierenden Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Sven Hedin in Stockholm am 28. November 1918.

Das ordentliche Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse Hr. Wilhelm Branca verlegte im Sommer 1918 seinen Wohnsitz nach München und trat damit gemäß § 6 der Statuten der Akademie in die Reihe der Ehrenmitglieder über.

Gestorben sind:

das Ehrenmitglied:

Hr. Andrew Dickson White in Ithaca, N.Y. (das Datum war nicht zu ermitteln);

das korrespondierende Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Ferdinand Braun in Straßburg am 20. April 1918;

die korrespondierenden Mitglieder der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Julius Wellhausen in Göttingen am 7. Januar 1918,

» Albert Hauck in Leipzig in der Nacht vom 7. auf den 8. April 1918,

» Wilhelm Radloff in St. Petersburg (das Datum war nicht zu ermitteln).

Verzeichnis der Mitglieder der Akademie am Schlusse des Jahres 1918

nebst den Verzeichnissen der Inhaber der Helmholtz- und der Leibniz-Medaille und der Beamten der Akademie, sowie der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw.

1. Beständige Sekretare

		Gewählt von der	Datum der Bestätigung
Hr.	*Diels*	phil.-hist. Klasse	1895 Nov. 27
-	*von Waldeyer-Hartz*	phys.-math. -	1896 Jan. 20
-	*Roethe*	phil.-hist. -	1911 Aug. 29
-	*Planck*	phys.-math. -	1912 Juni 19

2. Ordentliche Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse		Philosophisch-historische Klasse	Datum der Bestätigung
Hr.	*Simon Schwendener*		1879 Juli 13
		Hr. *Hermann Diels*	1881 Aug. 15
-	*Wilhelm von Waldeyer-Hartz*		1884 Febr. 18
-	*Franz Eilhard Schulze*		1884 Juni 21
		- *Otto Hirschfeld*	1885 März 9
		- *Eduard Sachau*	1887 Jan. 24
-	*Adolf Engler*		1890 Jan. 29
		- *Adolf von Harnack*	1890 Febr. 10
-	*Hermann Amandus Schwarz*		1892 Dez. 19
-	*Emil Fischer*		1893 Febr. 6
-	*Oskar Hertwig*		1893 April 17
-	*Max Planck*		1894 Juni 11
		- *Carl Stumpf*	1895 Febr. 18
		- *Adolf Erman*	1895 Febr. 18
-	*Emil Warburg*		1895 Aug. 13
		- *Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff*	1899 Aug. 2
-	*Heinrich Müller-Breslau*		1901 Jan. 14
		- *Heinrich Dressel*	1902 Mai 9
		- *Konrad Burdach*	1902 Mai 9
-	*Friedrich Schottky*		1903 Jan. 5
		- *Gustav Roethe*	1903 Jan. 5
		- *Dietrich Schäfer*	1903 Aug. 4
		- *Eduard Meyer*	1903 Aug. 4
		- *Wilhelm Schulze*	1903 Nov. 16

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Bestätigung
	Hr. *Alois Brandl*	1904 April 3
Hr. *Hermann Struve*		1904 Aug. 29
- *Hermann Zimmermann*		1904 Aug. 29
- *Walter Nernst*		1905 Nov. 24
- *Max Rubner*		1906 Dez. 2
- *Johannes Orth*		1906 Dez. 2
- *Albrecht Penck*		1906 Dez. 2
	- *Friedrich Müller*	1906 Dez. 24
	- *Andreas Heusler*	1907 Aug. 8
Heinrich Rubens		1907 Aug. 8
- *Theodor Liebisch*		1908 Aug. 3
	- *Eduard Seler*	1908 Aug. 24
	- *Heinrich Lüders*	1909 Aug. 5
	- *Heinrich Morf*	1910 Dez. 14
- *Gottlieb Haberlandt*		1911 Juli 3
	- *Kuno Meyer*	1911 Juli 3
	- *Benno Erdmann*	1911 Juli 25
Gustav Hellmann		1911 Dez. 2
	- *Emil Seckel*	1912 Jan. 4
	- *Johann Jakob Maria de Groot*	1912 Jan. 4
	- *Eduard Norden*	1912 Juni 14
	- *Karl Schuchhardt*	1912 Juli 9
- *Ernst Beckmann*		1912 Dez. 11
- *Albert Einstein*		1913 Nov. 12
	- *Otto Hintze*	1914 Febr. 16
	- *Max Sering*	1914 März 2
	- *Adolf Goldschmidt*	1914 März 2
- *Fritz Haber*		1914 Dez. 16
	- *Karl Holl*	1915 Jan. 12
	- *Friedrich Meinecke*	1915 Febr. 15
- *Karl Correns*		1915 März 22
	- *Hans Dragendorff*	1916 April 3
	- *Paul Kehr*	1918 März 4
	- *Ulrich Stutz*	1918 März 4
	- *Ernst Heymann*	1918 März 4
	- *Michael Tangl*	1918 März 4
- *Karl Heider*		1918 Aug. 1
- *Erhard Schmidt*		1918 Aug. 1
Gustav Müller		1918 Aug. 1
- *Rudolf Fick*		1918 Aug. 1

3. Auswärtige Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Bestätigung
	Hr. *Theodor Nöldeke* in Straßburg	1900 März 5
	- *Friedrich Imhoof-Blumer* in Winterthur	1900 März 5
	- *Vatroslav von Jagić* in Wien	1908 Sept. 25
	- *Panagiotis Kabbadias* in Athen	1908 Sept. 25
Lord *Rayleigh* in Witham, Essex		1910 April 6
	- *Hugo Schuchardt* in Graz	1912 Sept. 15

4. Ehrenmitglieder

	Datum der Bestätigung
Hr. *Max Lehmann* in Göttingen	1887 Jan. 24
- *Max Lenz* in Hamburg	1896 Dez. 14
- *Wilhelm Branca* in München	1899 Dez. 18
Hugo Graf *von und zu Lerchenfeld* in Berlin	1900 März 5
Hr. *Richard Schöne* in Berlin	1900 März 5
- *Konrad von Studt* in Berlin	1900 März 17
Bernhard Fürst *von Bülow* in Klein-Flottbek bei Hamburg	1910 Jan. 31
Hr. *Heinrich Wölfflin* in München	1910 Dez. 14
- *August von Trott zu Solz* in Kassel	1914 März 2
- *Rudolf von Valentini* in Potsdam	1914 März 2
- *Friedrich Schmidt* in Berlin	1914 März 2
- *Richard Willstätter* in München	1914 Dez. 16

5. Korrespondierende Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse	Datum der Wahl
Karl Frhr. Auer von Welsbach auf Schloß Welsbach (Kärnten)	1913 Mai 22
Hr. *Oskar Brefeld* in Berlin	1899 Jan. 19
- *Heinrich Bruns* in Leipzig	1906 Jan. 11
- *Otto Bütschli* in Heidelberg	1897 März 11
- *Giacomo Ciamician* in Bologna	1909 Okt. 28
- *William Morris Davis* in Cambridge, Mass.	1910 Juli 28
- *Ernst Ehlers* in Göttingen	1897 Jan. 21
Roland Baron *Eötvös* in Budapest	1910 Jan. 6
Hr. *Max Fürbringer* in Heidelberg	1900 Febr. 22
Sir *Archibald Geikie* in Haslemere, Surrey	1889 Febr. 21
Hr. *Karl von Goebel* in München	1913 Jan. 16
- *Camillo Golgi* in Pavia	1911 Dez. 21
- *Karl Graebe* in Frankfurt a. M.	1907 Juni 13
- *Ludwig von Graff* in Graz	1900 Febr. 8
Julius Edler von Hann in Wien	1889 Febr. 21
Hr. *Sven Hedin* in Stockholm	1918 Nov. 28.
- *Viktor Hensen* in Kiel	1898 Febr. 24
- *Richard von Hertwig* in München	1898 April 28
- *David Hilbert* in Göttingen	1913 Juli 10
- *Hugo Hildebrand Hildebrandsson* in Uppsala	1917 Mai 3
- *Emanuel Kayser* in München	1917 Juli 19
- *Felix Klein* in Göttingen	1913 Juli 10
- *Leo Koenigsberger* in Heidelberg	1893 Mai 4
- *Wilhelm Körner* in Mailand	1909 Jan. 7
- *Friedrich Küstner* in Bonn	1910 Okt. 27
- *Philipp Lenard* in Heidelberg	1909 Jan. 21
- *Karl von Linde* in München	1916 Juli 6
- *Gabriel Lippmann* in Paris	1900 Febr. 22
- *Hendrik Antoon Lorentz* in Haarlem	1905 Mai 4
- *Felix Marchand* in Leipzig	1910 Juli 28
- *Friedrich Merkel* in Göttingen	1910 Juli 28
- *Franz Mertens* in Wien	1900 Febr. 22
- *Alfred Gabriel Nathorst* in Stockholm	1900 Febr. 8
- *Karl Neumann* in Leipzig	1893 Mai 4
- *Max Noether* in Erlangen	1896 Jan. 30
- *Wilhelm Ostwald* in Groß-Bothen, Kgr. Sachsen	1905 Jan. 12
- *Wilhelm Pfeffer* in Leipzig	1889 Dez. 19
- *Edward Charles Pickering* in Cambridge, Mass.	1906 Jan. 11
- *Georg Quincke* in Heidelberg	1879 März 13

		Datum der Wahl		
Hr.	*Ludwig Radlkofer* in München	1900	Febr.	8
-	*Gustaf Retzius* in Stockholm	1893	Juni	1
-	*Theodore William Richards* in Cambridge, Mass.	1909	Okt.	28
-	*Wilhelm Konrad Röntgen* in München	1896	März	12
	Wilhelm Roux in Halle a. S.	1916	Dez.	14
-	*Georg Ossian Sars* in Christiania	1898	Febr.	24
-	*Oswald Schmiedeberg* in Straßburg	1910	Juli	28
-	*Otto Schott* in Jena	1916	Juli	6
-	*Hugo von Seeliger* in München	1906	Jan.	11
-	*Ernest Solvay* in Brüssel	1913	Mai	22
-	*Johann Wilhelm Spengel* in Gießen	1900	Jan.	18
Sir	*Joseph John Thomson* in Cambridge	1910	Juli	28
Hr.	*Gustav Edler von Tschermak* in Wien	1881	März	3
-	*Woldemar Voigt* in Göttingen	1900	März	8
-	*Hugo de Vries* in Lunteren	1913	Jan.	16
-	*Johannes Diderik van der Waals* in Amsterdam	1900	Febr.	22
-	*Otto Wallach* in Göttingen	1907	Juni	13
-	*Eugenius Warming* in Kopenhagen	1899	Jan.	19
-	*Emil Wiechert* in Göttingen	1912	Febr.	8
-	*Wilhelm Wien* in Würzburg	1910	Juli	14
-	*Edmund B. Wilson* in New York	1913	Febr.	20

Philosophisch-historische Klasse

		Datum der Wahl		
Hr.	*Karl von Amira* in München	1900	Jan.	18
-	*Klemens Baeumker* in München	1915	Juli	8
-	*Friedrich von Bezold* in Bonn	1907	Febr.	14
-	*Joseph Bidez* in Gent	1914	Juli	9
-	*James Henry Breasted* in Chicago	1907	Juni	13
-	*Harry Breßlau* in Straßburg	1912	Mai	9
-	*René Cagnat* in Paris	1904	Nov.	3
-	*Arthur Chuquet* in Villemomble (Seine)	1907	Febr.	14
-	*Franz Cumont* in Rom	1911	April	27
-	*Louis Duchesne* in Rom	1893	Juli	20
-	*Franz Ehrle* in Rom	1913	Juli	24
-	*Paul Foucart* in Paris	1884	Juli	17
Sir	*James George Frazer* in Cambridge	1911	April	27
Hr.	*Wilhelm Fröhner* in Paris	1910	Juni	23
-	*Percy Gardner* in Oxford	1908	Okt.	29
-	*Ignaz Goldziher* in Budapest	1910	Dez.	8

		Datum der Wahl
Hr.	*Francis Llewellyn Griffith* in Oxford	1900 Jan. 18
-	*Ignazio Guidi* in Rom	1904 Dez. 15
-	*Georgios N. Hatzidakis* in Athen	1900 Jan. 18
-	*Bernard Haussoullier* in Paris	1907 Mai 2
-	*Johan Ludvig Heiberg* in Kopenhagen	1896 März 12
-	*Antoine Héron de Villefosse* in Paris	1893 Febr. 2
-	*Harald Hjärne* in Uppsala	1909 Febr. 25
-	*Maurice Holleaux* in Versailles	1909 Febr. 25
-	*Christian Hülsen* in Hoheneck bei Ludwigsburg	1907 Mai 2
-	*Hermann Jacobi* in Bonn	1911 Febr. 9
-	*Adolf Jülicher* in Marburg	1906 Nov. 1
Sir	*Frederic George Kenyon* in London	1900 Jan. 18
Hr.	*Georg Friedrich Knapp* in Straßburg	1893 Dez. 14
-	*Axel Kock* in Lund	1917 Juli 19
-	*Karl von Kraus* in München	1917 Juli 19
-	*Basil Latyschew* in St. Petersburg	1891 Juni 4
-	*Friedrich Loofs* in Halle a. S.	1904 Nov. 3
-	*Giacomo Lumbroso* in Rom	1874 Nov. 12
-	*Arnold Luschin von Ebengreuth* in Graz	1904 Juli 21
-	*John Pentland Mahaffy* in Dublin	1900 Jan. 18
-	*Wilhelm Meyer-Lübke* in Bonn	1905 Juli 6
-	*Ludwig Mitteis* in Leipzig	1905 Febr. 16
-	*Georg Elias Müller* in Göttingen	1914 Febr. 19
-	*Karl von Müller* in Tübingen	1917 Febr. 1
-	*Samuel Muller Frederikzoon* in Utrecht	1914 Juli 23
-	*Franz Praetorius* in Breslau	1910 Dez. 8
-	*Pio Rajna* in Florenz	1909 März 11
-	*Moriz Ritter* in Bonn	1907 Febr. 14
-	*Karl Robert* in Halle a. S.	1907 Mai 2
-	*Michael Rostowzew* in St. Petersburg	1914 Juni 18
-	*Edward Schröder* in Göttingen	1912 Juli 11
-	*Eduard Schwartz* in Straßburg	1907 Mai 2
-	*Bernhard Seuffert* in Graz	1914 Juni 18
-	*Eduard Sievers* in Leipzig	1900 Jan. 18
Sir	*Edward Maunde Thompson* in London	1895 Mai 2
Hr.	*Vilhelm Thomsen* in Kopenhagen	1900 Jan. 18
-	*Ernst Troeltsch* in Berlin	1912 Nov. 21
-	*Paul Vinogradoff* in Oxford	1911 Juni 22
-	*Girolamo Vitelli* in Florenz	1897 Juli 15
-	*Jakob Wackernagel* in Basel	1911 Jan. 19
-	*Adolf Wilhelm* in Wien	1911 April 27

	Datum der Wahl
Hr. *Ludvig Wimmer* in Kopenhagen	1891 Juni 4
- *Wilhelm Wundt* in Leipzig	1900 Jan. 18

Inhaber der Bradley-Medaille

Hr. *Friedrich Küstner* in Bonn (1918)

Inhaber der Helmholtz-Medaille

Hr. *Santiago Ramón Cajal* in Madrid (1905)
- *Emil Fischer* in Berlin (1909)
- *Simon Schwendener* in Berlin (1913)
- *Max Planck* in Berlin (1915)

Richard von Hertwig in München (1917)

Verstorbene Inhaber:

Emil du Bois-Reymond (Berlin, 1892, † 1896)
Karl Weierstraß (Berlin, 1892, † 1897)
Robert Bunsen (Heidelberg, 1892, † 1899)
Lord *Kelvin* (Netherhall, Largs, 1892, † 1907)
Rudolf Virchow (Berlin, 1899, † 1902)
Sir *George Gabriel Stokes* (Cambridge, 1901, † 1903)
Henri Becquerel (Paris, 1907, † 1908)
Jakob Heinrich van't Hoff (Berlin, 1911, † 1911)

Inhaber der Leibniz-Medaille

a. Der Medaille in Gold

Hr. *James Simon* in Berlin (1907)
- *Ernest Solvay* in Brüssel (1909)
- *Henry T. von Böttinger* in Elberfeld (1909)

Joseph Florimond Duc *de Loubat* in Paris (1910)
Hr. *Hans Meyer* in Leipzig (1911)
Frl. *Elise Koenigs* in Berlin (1912)
Hr. *Georg Schweinfurth* in Berlin (1913)
- *Otto von Schjerning* in Berlin (1916)
- *Leopold Koppel* in Berlin (1917)
- *Rudolf Havenstein* in Berlin (1918)

b. Der Medaille in Silber

Hr. *Karl Alexander von Martius* in Berlin (1907)
- *Adolf Friedrich Lindemann* in Sidmouth, England (1907)

Hr. *Johannes Bolte* in Berlin (1910)
- *Albert von Le Coq* in Berlin (1910)
- *Johannes Ilberg* in Leipzig (1910)
- *Max Wellmann* in Potsdam (1910)
- *Robert Koldewey* in Babylon (1910)
- *Gerhard Hessenberg* in Breslau (1910)
- *Werner Janensch* in Berlin (1911)
- *Hans Osten* in Leipzig (1911)
- *Robert Davidsohn* in München (1912)
- *N. de Garis Davies* in Kairo (1912)
- *Edwin Hennig* in Tübingen (1912)
- *Hugo Rabe* in Hannover (1912)
- *Josef Emanuel Hibsch* in Tetschen (1913)
- *Karl Richter* in Berlin (1913)
- *Hans Witte* in Neustrelitz (1913)
- *Georg Wolff* in Frankfurt a. M. (1913)
- *Walter Andrae* in Assur (1914)
- *Erwin Schramm* in Dresden (1914)

Richard Irvine Best in Dublin (1914)
Otto Baschin in Berlin (1915)
- *Albert Fleck* in Berlin (1915)
- *Julius Hirschberg* in Berlin (1915)
- *Hugo Magnus* in Berlin (1915)

Verstorbene Inhaber der Medaille in Silber:

Karl Zeumer (Berlin, 1910, † 1914)
Georg Wenker (Marburg, 1911, † 1911)

Beamte der Akademie

Bibliothekar und Archivar der Akademie: . . . . . .
Archivar und Bibliothekar der Deutschen Kommission: Dr. *Behrend.*
Wissenschaftliche Beamte: Dr. *Dessau*, Prof. — Dr. *Harms*, Prof. — Dr. *von Fritze*, Prof. — Dr. *Karl Schmidt*, Prof. — Dr. Frhr. *Hiller von Gaertringen*, Prof. — Dr. *Ritter*, Prof. — Dr. *Apstein*, Prof. — Dr. *Paetsch.* — Dr. *Kuhlgatz.*

Registrator und Kalkulator: *Grünheid.*
Hausinspektor und Kanzlist: . . . . . .
Akademiediener: *Hennig.* — *Janisch*, nimmt die Geschäfte des Hausinspektors wahr. — *Siedmann.*
Hilfsdiener: *Glaeser.*

Verzeichnis der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw.

Kommissionen für wissenschaftliche Unternehmungen der Akademie.

Acta Borussica.

Hintze (geschäftsführendes Mitglied). Meinecke. Kehr.

Ägyptologische Kommission.

Erman. E. Meyer. W. Schulze.

Außerakad. Mitglieder: Junker (Wien). H. Schäfer (Berlin). Sethe (Göttingen). Spiegelberg (Straßburg).

Corpus inscriptionum Etruscarum.

Diels. Hirschfeld. W. Schulze.

Corpus inscriptionum Latinarum und Griechische Münzwerke.

Hirschfeld (Vorsitzender, leitet die epigraphischen Arbeiten). Dragendorff (leitet die numismatischen Arbeiten). Diels. von Wilamowitz-Moellendorff. Imhoof-Blumer (Winterthur). Schöne (Berlin).

Corpus medicorum Graecorum.

Diels. Sachau. von Wilamowitz-Moellendorff.

Deutsche Geschichtsquellen des 19. Jahrhunderts.

Roethe. Schäfer. Hintze. Sering. Holl. Meinecke.

Deutsche Kommission.

Roethe (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Burdach. W. Schulze. Heusler. Morf. Hintze. Kehr. Schröder (Göttingen). Seuffert (Graz).

Dilthey-Kommission.

Erdmann (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Stumpf. Burdach. Roethe. Seckel.

Geschichte des Fixsternhimmels.

Struve (geschäftsführendes Mitglied). G. Müller.

Außerakad. Mitglied: Cohn (Berlin).

Politische Korrespondenz Friedrichs des Großen.

Hintze (geschäftsführendes Mitglied). Meinecke. Kehr.

Fronto-Ausgabe.

Diels. Hirschfeld. Norden.

Herausgabe der Werke Wilhelm von Humboldts.

Burdach (geschäftsführendes Mitglied). von Wilamowitz-Moellendorff. Meinecke.

Herausgabe des Ibn Saad.

Sachau (geschäftsführendes Mitglied). Erman. W. Schulze. F. W. K. Müller.

Inscriptiones Graecae.

von Wilamowitz-Moellendorff (Vorsitzender). Diels. Hirschfeld. W. Schulze.

Kant-Ausgabe.

Erdmann (Vorsitzender). Diels. Stumpf. Roethe. Meinecke.

Außerakad. Mitglied: Menzer (Halle).

Ausgabe der griechischen Kirchenväter.

von Harnack (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. Holl. Loofs (Halle). Jülicher (Marburg).

Außerakad. Mitglied: Seeck (Münster), für die Prosopographia imperii Romani saec. IV—VI.

Leibniz-Ausgabe.

Erdmann (geschäftsführendes Mitglied). Schwarz. Planck. von Harnack. Stumpf. Roethe. Morf.

Nomenclator animalium generum et subgenerum.

von Waldeyer-Hartz. Heider.

Orientalische Kommission.

E. Meyer (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Sachau. Erman. W. Schulze. F. W. K. Müller. Lüders.

Außerakad. Mitglied: Delitzsch (Berlin).

„Pflanzenreich".

Engler (geschäftsführendes Mitglied). Schwendener. von Waldeyer-Hartz.

Prosopographia imperii Romani saec. I—III.

Hirschfeld. Dressel.

Strabo-Ausgabe.

Diels. von Wilamowitz-Moellendorff. E. Meyer.

„Tierreich".

von Waldeyer-Hartz. Heider.

Herausgabe der Werke von Weierstraß.

Planck (geschäftsführendes Mitglied). Schwarz.

Wörterbuch der deutschen Rechtssprache.

Roethe (geschäftsführendes Mitglied).

Außerakad. Mitglieder: Frensdorff (Göttingen). von Gierke (Berlin). Huber (Bern). Frhr. von Künßberg (Heidelberg). Frhr. von Schwerin (Straßburg). Frhr. von Schwind (Wien).

Wissenschaftliche Unternehmungen, die mit der Akademie in Verbindung stehen.

Corpus scriptorum de musica.

Vertreter in der General-Kommission: Stumpf.

Luther-Ausgabe.

Vertreter in der Kommission: von Harnack. Burdach.

Monumenta Germaniae historica.

Von der Akademie gewählte Mitglieder der Zentral-Direktion: Schäfer. Hintze

Thesaurus der japanischen Sprache.

Sachau. W. Schulze. F. W. K. Müller.

Sammlung deutscher Volkslieder.

Vertreter in der Kommission: Roethe.

Wörterbuch der ägyptischen Sprache.

Vertreter in der Kommission: Erman.

Bei der Akademie errichtete Stiftungen.

Bopp-Stiftung.

Vorberatende Kommission (1918 Okt.—1922 Okt.).

W. Schulze (Vorsitzender). Lüders (Stellvertreter des Vorsitzenden). (Schriftführer). Roethe. K. Meyer.

Außerakad. Mitglied: Brückner (Berlin).

Charlotten-Stiftung für Philologie.

Kommission.

Diels. Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. W. Schulze. Norden.

Eduard-Gerhard-Stiftung.

Kommission.

Dragendorff (Vorsitzender). Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. Dressel. E. Meyer. Schuchhardt.

Humboldt-Stiftung.

Kuratorium (1917 Jan. 1—1920 Dez. 31).

von Waldeyer-Hartz (Vorsitzender). Hellmann.

Außerakad. Mitglieder: Der vorgeordnete Minister. Der Oberbürgermeister von Berlin. P. von Mendelssohn-Bartholdy.

Akademische Jubiläumsstiftung der Stadt Berlin.

Kuratorium (1917 Jan. 1—1920 Dez. 31).

Planck (Vorsitzender). von Waldeyer-Hartz (Stellvertreter des Vorsitzenden). Diels. Hintze.

Außerakad. Mitglied: Der Oberbürgermeister von Berlin.

Stiftung zur Förderung der kirchen- und religionsgeschichtlichen Studien im Rahmen der römischen Kaiserzeit (saec. I—VI).

Kuratorium (1913 Nov.—1923 Nov.).

Diels (Vorsitzender). von Harnack.

Außerdem als Vertreter der theologischen Fakultäten der Universitäten Berlin: Holl, Gießen: Krüger, Marburg: Jülicher.

Graf-Loubat-Stiftung.

Kommission (1918 Febr.—1923 Febr.).

Sachau. Seler.

Albert-Samson-Stiftung.

Kuratorium (1917 April 1—1922 März 31).

von Waldeyer-Hartz (Vorsitzender). Planck (Stellvertreter des Vorsitzenden). Rubner. Orth. Penck. Correns. Stumpf.

Stiftung zur Förderung der Sinologie.

Kuratorium (1917 Febr.—1927 Febr.).

de Groot (Vorsitzender). F. W. K. Müller. Lüders.

Hermann-und-Elise-geb.-Heckmann-Wentzel-Stiftung.

Kuratorium (1915 April 1—1920 März 31).

Roethe (Vorsitzender). Planck (Stellvertreter des Vorsitzenden). Erman (Schriftführer). Nernst. Haberlandt. von Harnack.

Außerakad. Mitglied: Der vorgeordnete Minister.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

GEDÄCHTNISREDE AUF AUGUST BRAUER

VON

WILHELM VON WALDEYER-HARTZ

Smithsonian Institution
FEB 8 1921
Office Library

BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

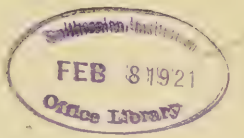
JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

GEDÄCHTNISREDE AUF AUGUST BRAUER

VON

WILHELM VON WALDEYER-HARTZ



BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Gehalten in der öffentlichen Sitzung am 4. Juli 1918.
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 1. August 1918.

Nur kurze Zeit, wenig länger als zwei Jahre, konnte sich unsere Akademie der Mitarbeit August Brauers erfreuen. Am 1. Juli 1915 hielt Brauer hier seine Antrittsrede, am 10. September 1917 erlag er, eben von einer Erholungsreise zurückgekehrt, einem Herzleiden, völlig vom Tode überrascht. Warnungen in Gestalt von Atembeschwerden waren zwar einige Zeit voraufgegangen; doch waren sie nicht der Art, daß sie Anlaß zu Besorgnissen geben konnten. Wenige Minuten später, nachdem man ihn anscheinend bei bestem Wohlsein verlassen hatte, fand man ihn in aufrechter Haltung tot in seinem Sessel.

August Bernhard Brauer ist 1863 geboren. 1882 verließ er als Abiturient das Gymnasium seiner Vaterstadt Oldenburg im Großherzogtum, wo er im elterlichen Hause mit vielen Geschwistern eine glückliche Jugend verlebt hatte. In Bonn, Freiburg i. B., Berlin und schließlich abermals in Bonn pflegte er eifrigst naturwissenschaftliche, insbesondere zoologische Studien, wobei hauptsächlich unsere korrespondierenden Mitglieder August Weismann, Richard von Hertwig und Franz von Leydig Einfluß auf ihn gewannen. 1885 erwarb er sich mit einer Arbeit über die Infusorienart Bursaria truncatella die philosophische Doktorwürde und bestand zwei Jahre später die Staatsprüfung für das höhere Lehramt. Nach Erledigung seiner Militärpflicht ließ er sich 1888 nochmals für ein Jahr in Berlin immatrikulieren: in dieser Zeit gewann unser Mitglied Ferdinand von Richthofen bestimmenden Einfluß auf Brauers späteres Hauptforschungsfeld, die Tiergeographie.

Es folgte eine einjährige Probekandidatur an der Berliner Luisenstädtischen Oberrealschule; dann entschloß sich Brauer für die Universitätslaufbahn. Wir sehen ihn 1890 als Assistenten am Berliner Zoologischen

Institute, 1892 als Privatdozenten in Marburg und 1906 als außerordentlichen Professor der Zoologie und Leiter des Zoologischen Museums in Berlin, 1914 als ordentlichen Professor und 1915 als unser Mitglied.

Die wissenschaftliche Arbeit BRAUERS umfaßt alle Gebiete der Zoologie mit manchen Ausblicken in das Gebiet der allgemeinen Biologie. In den ersten zehn Jahren seiner Tätigkeit überwiegen entwicklungsgeschichtliche Studien: Über zwei wichtige und viel untersuchte Coelenteraten, Hydra und Tubularia, dann Studien über Ei- und Samenkörperbildung und über Zentrosomen, die verschiedene Tierkreise umfaßten und seinerzeit mein lebhaftes Interesse erregten.

Mit dem Antritte einer großen Forschungsreise nach den Seychellen 1895 trat ein Wendepunkt in BRAUERS Arbeitsleben ein, das sich von da ab wesentlich der Systematik und Tiergeographie zukehrt. Auf dieser Reise wollte er im Interesse der Zoogeographie die Beziehungen der merkwürdigen Inselgruppe zu Madagaskar, Afrika und Indien feststellen und nebenbei Material zu einer Entwicklungsgeschichte der Gymnophionen sammeln. Mangel an Mitteln zwang ihn, die geologischen und zoogeographischen Forschungen unvollendet zu lassen; aber über die Entwicklung der so merkwürdigen Gruppe der Gymnophionen, Schleichlurche oder Blindwühlen, Amphibien von Wurmform, lieferte er in den Jahren 1897—1904 eine Reihe von hoch zu bewertenden Mitteilungen, durch welche die früheren Untersuchungen der Vettern SARASIN und RICHARD SEMONS in manchen Stücken ergänzt wurden, insbesondere für die ersten Entwicklungsvorgänge.

Mitten in diese Arbeiten hinein fällt nun BRAUERS Teilnahme an der von unserm korrespondierenden Mitgliede KARL CHUN veranstalteten großen deutschen Tiefseeforschung, die ihn zu den bedeutendsten seiner Arbeiten führte und ihm zu seiner Lebensstellung in Berlin verhalf. Seine aufopfernde und rastlose Tätigkeit bei dieser berühmten Forschungsfahrt auf der Valdivia trug ihm das lohnendste Arbeitsfeld, die Bearbeitung der Tiefseefische, ein. Auf eine Reihe von Mitteilungen über die eigentümlich gebauten Augen dieser Fische und über ihre merkwürdigen Leuchtorgane ließ er in Band XV der »Ergebnisse der Deutschen Tiefseeforschung« 1906 und 1908, also nach seiner Übersiedelung nach Berlin, eine große zusammenfassende Arbeit über das gesamte Material folgen. Die schon von früheren Forschern untersuchten Leuchtorgane bearbeitete BRAUER hauptsächlich vergleichend anatomisch und biologisch; daneben stellte er fest, daß manche

dieser Organe zu Unrecht als Leuchtorgane aufgefaßt worden seien, vielmehr als Hautsinnesorgane gedeutet werden müßten.

In den nächsten Jahren 1910 und 1911 kehrte Brauer in dem von ihm geleiteten großen Unternehmen, »Die Süßwasserfauna Deutschlands« noch einmal zu einem seiner frühesten Arbeitsgebiete, den Hydrozoen, zurück. In den letzten Jahren beschäftigten ihn insbesondere die Säugetiere und unter diesen der merkwürdige, hauptsächlich in Afrika und Syrien hausende Stamm der Hyracoiden, über den er auch in unserer Akademie eine Mitteilung gegeben hat. Außer zahlreichen, von ihm beschriebenen neuen Formen, insbesondere aus der Gattung Procavia, geht er auf die Frage der Entstehungsursachen der neuen Formen gegenüber den fossilen ein und bringt sie mit der Umänderung des afrikanischen Klimas in Verbindung. Seit der Tertiärperiode ist in Afrika eine langsam fortschreitende Trocknung festzustellen, infolge deren der Urwaldbestand vielfach zurückging und einer Steppenbildung Platz machte; so wurden die im Urwald lebenden Arten gezwungen, sich dem Steppenleben anzupassen.

Die Beschäftigung mit der Systematik brachte Brauer auch zur kritischen Beurteilung der neueren Änderungen in der Nomenklatur und in der neueren Artenaufstellung, Dingen, denen er besonders in seiner Antrittsrede das Wort geliehen hat.

In unserer Akademie war Brauer ein eifriges Mitglied; kaum jemals sah man seinen Platz leer. Wir durften von ihm noch Vieles erwarten, hätte nicht der Tod so manchem, was der gewissenhafte Forscher und rastlose Arbeiter sich noch vorgenommen hatte, ein vorzeitiges Ende gesetzt.

Das Hauptziel, welches Brauer bei der Übernahme seiner Stellung in Berlin ins Auge gefaßt hatte, war die Ausgestaltung und Erhebung des hiesigen Zoologischen Museums zu einer Sammelstelle ersten Ranges in der Welt und zu einer wirklichen Arbeitsstätte. Die Schätze des Berliner Zoologischen Museums sind, wie ich mich durch öftere Arbeiten in dessen Räumen unter Möbius und unter Brauer überzeugt habe, so ungewöhnlich reichhaltig, daß sie einen hinreichend großen und würdig ausgestatteten Sammel- und Arbeitsbau verdienen; sie haben ihn jetzt nicht. Deutschlands koloniale Entwicklung und Erhebung zur Weltmacht, für die wir jetzt in Waffen stehen, hat auch unsere naturwissenschaftlichen Museen so bereichert, daß sie, kaum im Neubau vollendet, sich schon überall zu eng erwiesen. Ich habe es für eine Pflicht der Dankbarkeit gehalten, unserm

Mitgliede BRAUER, der nebst seinen Mitarbeitern alles in zuvorkommendster Weise mir zur Verfügung stellte, was das Museum bot, hier den ehrenden Nachruf zu halten. Leider mußte BRAUER sich vorerst mit einem Umbau und Anbau genügen lassen; aber er widmete diesen Änderungen fast seine ganze Zeit und Kraft. Der einmal übernommenen Aufgabe wollte er treu bleiben und lehnte vorteilhafte Anerbietungen, die ihm von Freiburg, Bonn und Leipzig gemacht wurden, ab. Er wußte, daß er hier eine große und schwierige Aufgabe übernommen hatte und gab dem auch in seiner akademischen Antrittsrede klaren Ausdruck; aber er wollte alle seine Kraft einsetzen, sie zu erfüllen. In meiner Antwort sprach ich die Freude darüber aus, daß wir in BRAUER eine frische, viel bewährte Kraft gefunden hätten. Ich wußte, daß man in BRAUER einen Mann vor sich hatte, von dem man sagen konnte: Fortiter et constanter! Der unerbittliche Tod hat diese Kraft gebrochen, ehe sie sich voll entfalten konnte. Aufrichtig trauern wir um den so früh Geschiedenen und halten sein Andenken in Ehren; denn er war, wenn auch nur eine kurze Spanne Zeit, mit voller Hingabe und Pflichttreue der Unsrige und — in welch schwerer, ernster Zeit!

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

Nr. 1

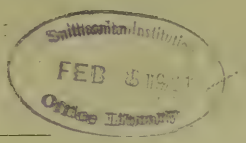
NEUE ELEMENTE DER INNEREN SATURNSTRABANTEN

ABGELEITET AUS DEN IN WASHINGTON UND AN DER YERKES-STERNWARTE ANGESTELLTEN BEOBACHTUNGEN 1903—1914

VON

Dr. GEORG STRUVE,

STÄNDIGER MITARBEITER AM MARINE-OBSERVATORIUM IN WILHELMSHAVEN



BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

NR. 1

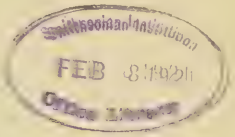
NEUE ELEMENTE DER INNEREN SATURNSTRABANTEN

ABGELEITET AUS DEN IN WASHINGTON UND AN DER YERKES-STERNWARTE ANGESTELLTEN BEOBACHTUNGEN 1903—1914

VON

DR. GEORG STRUVE.

STÄNDIGER MITARBEITER AM MARINE-OBSERVATORIUM IN WILHELMSHAVEN



BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Vorgelegt von Hrn. Struve in der Gesamtsitzung am 10. Januar 1918.
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 20. April 1918.

Einleitung.

Seit der Veröffentlichung der »Beobachtungen der Saturnstrabanten« von H. Struve[1] sind keine umfassenderen Bearbeitungen neuer Beobachtungsreihen der Saturnstrabanten mehr erschienen. Die Kenntnisse, die wir von den Bewegungen im Saturnssystem besitzen, beruhen demnach in der Hauptsache auf der Reduktion der Pulkowaer Beobachtungsreihen von 1884 bis 1892, da die älteren Beobachtungen wegen ihrer geringeren Genauigkeit nur in beschränktem Maße zum Ausbau der Theorie des Saturnssystems herangezogen werden konnten. Aus diesem Grunde war die Ermittlung von verschiedenen Störungsgliedern und Konstanten noch mit einer größeren Unsicherheit behaftet, und die Aufgabe späterer gleichwertiger Beobachtungsreihen mußte es sein, die Theorie weiter auszubilden.

In den beiden letzten Jahrzehnten sind mehrere größere Beobachtungsreihen der Saturnsmonde an amerikanischen Sternwarten angestellt worden, die bisher noch gar nicht oder nur teilweise bearbeitet worden sind. An erster Stelle stehen nach der Zahl und Ausdehnung der Messungen die Beobachtungen am 26zölligen Refraktor in Washington. Begonnen von Stimson J. Brown 1894—1898 wurden sie von See 1900—1902, von Frederick 1903—1904 und von Hammond 1904—1908 über eine große Zahl von Oppositionen des Planeten fortgeführt[2]. Seit 1910 hat auch Barnard die Messungen der Saturnstrabanten am 40zölligen Yerkes-Refraktor in sein Beobachtungsprogramm aufgenommen und die Ergebnisse bis zum

[1] a) »Beobachtungen der Saturnstrabanten«. Erste Abteilung, Supplement I aux Observations de Poulkova 1886. b) »Beobachtungen der Saturnstrabanten am 30zölligen Pulkowaer Refraktor«, Publications de Poulkova Vol. XI, 1898.

[2] Publications of the Naval Observatory Washington Vol. VI. Die Messungen von Hammond für die Opposition 1908 sind später gesondert veröffentlicht worden im Astr. Journal Vol. XXVI.

Jahre 1914 bekanntgemacht[1]. Ferner sind am Lick-Refraktor von Hussey, vorwiegend während der Oppositionen 1901 und 1902, zahlreiche Verbindungen der Trabanten untereinander erhalten worden[2], außerdem einige kleinere Messungsreihen von Hussey und Aitken während der Oppositionen 1904—1907[3]. Es liegen endlich noch eine Reihe von Beobachtungen am 26zölligen Mc. Cormick-Refraktor während der Jahre 1894, 1898, 1900 von Ormond Stone und seinen Mitarbeitern vor[4].

Von diesen Reihen haben bisher nur die letzteren eine teilweise Bearbeitung erfahren, nämlich die Beobachtungsreihe von Hussey 1901 durch H. Struve zum Zwecke einer neuen Ableitung der Libration Mimas-Tethys (A.N. 3885—3886) und die Messungen am Mc. Cormick-Refraktor durch Herbert A. Morgan zu einer Untersuchung über die Bahn von Enceladus. Die Washingtoner Reihen und die Barnardschen Beobachtungen waren dagegen bisher noch unreduziert geblieben[5].

Da nach der Aufstellung des 26zölligen großen Refraktors in Babelsberg eine neue längere Beobachtungsreihe der Satelliten von H. Struve zur Fortführung seiner früheren Untersuchungen über das Saturnssystem ins Auge gefaßt war, so schien es angezeigt, im Zusammenhang auch die Washingtoner und Barnardschen Beobachtungen zu bearbeiten, um damit die zwischen den Pulkowaer und den neuen Babelsberger Beobachtungsreihen (seit 1916) bestehende Lücke auszufüllen und durch Ableitung neuer Elementensysteme eine sichere Grundlage für die weiteren Untersuchungen zu gewinnen. Auf Anregung meines Vaters machte ich daher 1914 einen vorläufigen Versuch mit der Ableitung der Bahnelemente von Rhea, Dione, Tethys aus den Washingtoner Messungen 1905. Für die Wahl dieser Reihe — der zweiten von Herrn Hammond ausgeführten Messungsreihe —

[1] Astr. Journal Vol. XXVII bis Vol. XXIX. Einige wenige Beobachtungen der Saturnsmonde, die Barnard 1906—1907 angestellt und im Astr. Journal Vol. XXVI bekanntgemacht hat, wurden bei der Bearbeitung nicht berücksichtigt.

[2] Hussey 1901, Erste Serie, Bull. 17; 1902, Zweite Serie, Bull. 34.

[3] Hussey 1904, Dritte Serie, Bull. 68; Aitken 1905, Bull. 94, Aitken 1907, Bull. 172.

[4] Astr. Journal XV, XIX. Astron. Nachr. Bd. 143, 154. Publications of the Leander Mc. Cormick-Observatory Vol. II.

[5] Nur die Beobachtungen Tethys-Enceladus 1901 von See sind von Herrn Morgan zur Ableitung neuer Elemente von Enceladus benutzt worden. Publications of the Naval Observatory Vol. VI, Appendix I.

war insbesondere maßgebend, daß der Planet sich damals schon in einer günstigeren Stellung befand als in den ersten Jahren des Jahrhunderts, sodann konnten für dieses Jahr bereits die bequemen Tafeln des Berliner Jahrbuchs Verwendung finden.

Da der Versuch günstig ausfiel, indem er zeigte, daß es sich um ein sehr wertvolles Beobachtungsmaterial handelt, so ging ich in den folgenden Jahren an die weitere Bearbeitung der Reihen, die sich zunächst auf die fünf inneren Trabanten und die Jahre 1903—1908 erstreckte. An diese schloß sich die Reduktion der Barnardschen Messungen 1910—1914.

Von einer später in Frage kommenden Bearbeitung der Beobachtungen der äußeren Trabanten habe ich vorläufig Abstand genommen, nachdem ich aus dem Jahresbericht des Naval-Observatory 1916 Kenntnis erhalten hatte, daß diese Arbeit schon in Washington selbst in Angriff genommen worden ist. Aus demselben Grunde ist auch die Bearbeitung der vor 1903 in Washington erlangten Beobachtungsreihen, die überdies wegen des tieferen Standes des Planeten unter weniger günstigen Verhältnissen angestellt sind, unterblieben.

Bei der Bildung der Normalgleichungen bin ich von Frl. Bruhn in Wilhelmshaven unterstützt worden. Die Berechnung der Hilfsgrößen U, B, P für das Jahr 1904 verdanke ich Herrn Dr. H. Fuß.

Einige Ergebnisse dieser Arbeit, soweit sie sich zu einer Untersuchung der Bahnlagen der fünf inneren Saturnsmonde und in Verbindung mit den älteren Beobachtungen von H. Struve 1884—1892 in Pulkowa zu einer Neubestimmung der Lage des Saturnsäquators eigneten, habe ich in einem Aufsatz in den A. N. 4880 getrennt veröffentlicht.

Zusammenstellung der zur Ableitung der Bahnelemente benutzten Formeln.

Bei den Reduktionsrechnungen fanden die in Vol. XI § 3 gegebenen Formeln Anwendung, welche nur kurz zusammengestellt werden sollen, unter Beibehaltung der dort gebrauchten Bezeichnungen. Aus den gemessenen Polarkoordinaten s und p wurden die Differenzen der rechtwinkligen Koordinaten in bezug auf ein durch das Zentrum des Planeten gelegtes Achsenkreuz, dessen Y-Achse nach dem Pole des Saturnsäquators gerichtet ist, abgeleitet. Bedeutet P den Positionswinkel der Y-Achse und sind x, y, die

rechtwinkligen Koordinaten des äußeren, $x_2\ y_2$ die Koordinaten des inneren Trabanten, so hat man

$$x_1 - x_2 = s \sin (p - P),$$
$$y_1 - y_2 = s \cos (p - P).$$

Die rechtwinkligen Koordinaten ergaben sich aus den Bahnelementen nach den Formeln:

$$x = \frac{a(\rho)}{\rho} \frac{1}{1+\zeta} \frac{r}{a} \sin (u - U),$$
$$y = \frac{a(\rho)}{\rho} \frac{1}{1+\zeta} \frac{r}{a} \sin B \{\cos (u - U) + \sin \gamma \operatorname{cotg} B \sin (u - \Omega)\},$$

wo

$$u = L + (v - M)$$

die wahre Länge des Trabanten, vom Erdäquator aus gezählt, bedeutet. Für die vorkommenden Hilfsgrößen U, B, P, ferner L, $v - M$, Ω, $\frac{r}{a}$, $\frac{1}{1+\zeta}$ finden sich im Berliner Jahrbuch seit 1905 bequeme Hilfstafeln, denen die in Vol. XI, bzw. A. N. 3885—3886 gegebenen Elemente zugrunde liegen. Dadurch wird die Berechnung der Koordinaten x, y sowie der Koeffizienten der Bedingungsgleichungen sehr vereinfacht.

Um gleich eine bessere Übereinstimmung für die Vergleichung zwischen Beobachtung und Rechnung zu erzielen, wurde bei der Rechnung auch das zweite Glied in y, das von den Neigungen der Trabantenbahnen gegen den Saturnsäquator γ abhängig ist, bei den Satelliten Rhea, Tethys und Mimas mitgenommen, da es dort bereits merkliche Beträge ausmacht. Für Dione und Enceladus konnte γ ganz vernachlässigt werden, da ihre Bahnen praktisch mit dem Saturnsäquator zusammenfallen. Bei Tethys und Rhea wurden überall Kreisbahnen der Vergleichung zugrunde gelegt, wodurch in diesem Falle die obigen Ausdrücke von x und y eine weitere Vereinfachung erfuhren. Für die übrigen Trabanten mußten die elliptischen Ausdrücke beibehalten werden.

Zur Berechnung der Zeitreduktionen, um die Positionswinkel auf die Zeiten der gemessenen Distanzen zu beziehen, wurde die Formel angewandt

$$s\,dp = \cos (p - P)\, d(x_1 - x_2) - \sin (p - P)\, d(y_1 - y_2),$$

worin $d(x_1 - x_2)$ und $d(y_1 - y_2)$ bekannte Funktionen von $u_1 - U$ und $u_2 - U$ sind.

Die Ableitung der Bedingungsgleichungen, die für die Ausgleichungsrechnungen benutzt wurden, ist in Vol. XI § 3 gegeben. Ich habe für die Reduktion der Washingtoner- und Yerkes-Beobachtungen die Form gewählt, wie sie dort auf Seite 58 und 59 zu finden ist:

$$\begin{aligned} dx = &+\nu \cos(u-U)\,d\epsilon \\ &-\nu \{\cos(u-U)\cos(u-\Delta\pi)+\cos(U-\Delta\pi)\}\,e\sin\pi_0 \\ &+\nu \{\cos(u-U)\sin(u-\Delta\pi)+\sin(U-\Delta\pi)\}\,e\cos\pi_0 \\ &+x\frac{da}{a}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy = &-\nu \sin B \sin(u-U)d\epsilon, \\ &+\nu \sin B \{\sin(u-U)\cos(u-\Delta\pi)-\sin(U-\Delta\pi)\}\,e\sin\pi_0 \\ &-\nu \sin B \{\sin(u-U)\sin(u-\Delta\pi)+\cos(U-\Delta\pi)\}\,e\cos\pi_0 \\ &-\nu \cos B \cos(u-\Delta\theta)\,d(\gamma\sin\theta_0) \\ &+\nu \cos B \sin(u-\Delta\theta)\,d(\gamma\cos\theta_0) \\ &+y\frac{da}{a}. \end{aligned}$$

Hier ist überall zur Abkürzung

$$\nu = \frac{a(\rho)}{\rho}\frac{1}{1+\zeta}\frac{r}{a}$$

gesetzt.

Da die inneren Trabanten sehr raschen Bewegungen der Knoten- und Apsidenlinien unterworfen sind, so durften diese Bewegungen bei der Berechnung der Koeffizienten der Bedingungsgleichungen nicht vernachlässigt werden. Bei der Reduktion der Beobachtungen von Enceladus tritt insofern eine Vereinfachung ein, als die Apsidenlinie von Enceladus für alle Zeiten der Bedingung

$$\pi = 2\epsilon_{Di} - \epsilon_{En}$$

genügen muß, infolgedessen hier π gegeben und nur de gesucht ist. An Stelle der obigen Glieder für $e\sin\pi_0$ und $e\cos\pi_0$ treten dann die folgenden:

$$\begin{aligned} dx &= \nu \{\cos(u-U)\sin(u-\pi)+\sin(U-\pi)\}\,de \\ dy &= -\nu \sin B \{\sin(u-U)\sin(u-\pi)+\cos(U-\pi)\}\,de. \end{aligned}$$

Es bleibt noch übrig, den Fall näher ins Auge zu fassen, wenn die Breite B kleine Werte hat, d. h., wenn die Bahnen der Trabanten nahe geschlossen sind, wie das in den Jahren 1905—1908 nahe der Fall war.

Nach den Ausführungen in Vol. XI § 3 lassen sich die elliptischen Glieder auf die Form bringen:

$$dx = -\nu \{\cos(u-U)\cos(u+A)+\cos(U+A)\}\, e\sin(\pi+A)$$
$$+\nu\{\cos(u-U)\sin(u+A)+\sin(U+A)\}\, e\cos(\pi+A)$$

und entsprechend:

$$dy = +\nu\sin B\{\sin(u-U)\cos(u+A)-\sin(U+A)\}\, e\sin(\pi+A)$$
$$-\nu\sin B\{\sin(u-U)\sin(u+A)+\cos(U+A)\}\, e\cos(\pi+A),$$

wenn man zu allen Längen eine beliebige Konstante A hinzufügt. Setzt man für diese Konstante $A = -U$, so geht dx über in:

$$dx = -\nu e\sin(\pi-U)\{1+\cos^2(u-U)\}+\nu e\cos(\pi-U)\sin(u-U)\cos(u-U)$$
$$= -\frac{3}{2}\nu e\sin(\pi-U)-\frac{1}{2}\nu e\sin(\pi-2u+U)$$

und dy in:

$$dy = -\nu e\sin B\cos(\pi-U)\{1+\sin^2(u-U)\}+\nu e\sin B\sin(\pi-U)\sin(u-U)\cos(u-$$
$$= -\frac{3}{2}\nu e\sin B\cos(\pi-U)+\frac{1}{2}\nu e\sin B\cos(\pi-2u+U).$$

Die Amplitude des ersten Gliedes sowohl in dx wie in dy ist dreimal größer als die des zweiten Gliedes. Sieht man von den geringen Veränderungen ab, die ν, π und U während einer Opposition erfahren, so kann man in erster Näherung setzen:

$$dx = f = -\frac{3}{2}\nu e\sin(\pi-U) = \text{const}$$

$$dy = f' = -\frac{3}{2}\nu e\sin B\cos(\pi-U) = \text{const},$$

wo für ν, π und U beiläufige Mittelwerte genommen werden können. Und zwar wird diese Darstellung der Wahrheit um so näher kommen und die Fortlassung der zweiten Glieder um so eher gestattet sein, je mehr Beobachtungen über die Bahn gleichmäßig verteilt zu den Normalgleichungen verwendet werden. Auf diese Weise erhalte ich direkt durch Einführung einer konstanten Größe f an Stelle der elliptischen Glieder in die Bedingungsgleichungen von x eine Relation zwischen

$$f \text{ und } e\sin(\pi-U),$$

anderseits durch Einführung einer weiteren Konstante f' in die Bedingungsgleichungen von y eine Relation zwischen

$$f' \text{ und } e\cos(\pi-U)\sin B.$$

Im Falle aber B sehr klein ist, also bei geschlossenen Bahnen der Satelliten, ist es klar, daß $e \cos(\pi - l')$ nicht sicher bestimmt werden kann. Man erhält alsdann aus den Beobachtungen nur einen brauchbaren Wert für den Ausdruck $e \sin(\pi - l')$. Es bleibt dann nichts anderes übrig, als eine der beiden Größen e oder π auf Grund früherer Bestimmungen als bekannt anzunehmen und die andere nach der obigen Relation aus f abzuleiten.

Unter der Voraussetzung, daß B sehr klein ist, lassen sich weiter die Koeffizienten von $d\epsilon$ und $\frac{da}{a}$ in den Bedingungsgleichungen von dy vernachlässigen. Auf diese Weise trennen sich die Gleichungen in x und y vollständig voneinander und können unabhängig aufgelöst werden. Diesen Umstand konnte ich mir bei der Reduktion der Washingtoner Beobachtungen für die Oppositionen 1905—1908 zunutze machen.

Für letztere Jahre erfuhren daher die Bedingungsgleichungen folgende Vereinfachung:

$$dx = f + \nu \cos(u - U)\, d\epsilon + x \frac{da}{a}$$

$$dy = f' - \nu \cos B \cos(u - \Delta\theta)\, d(\gamma \sin\theta_0) + \nu \cos B \sin(u - \Delta\theta)\, d(\gamma \cos\theta_0).$$

Da es sich bei den Washingtoner Beobachtungen um Anschlüsse zweier Trabanten aneinander handelt, so darf nicht vergessen werden, daß die Konstanten f und f' sich hier aus je zwei Ausdrücken zusammensetzen, von denen jeder die obigen Funktionen der Exzentrizität und Apsidenlänge eines Trabanten enthält.

Über die Beobachtungen und ihre Reduktion.

Die Methode, welche die Beobachter in Washington bei den Messungen der inneren Saturnsmonde angewandt haben, ist im wesentlichen die gleiche wie bei den Pulkowaer Beobachtungen von H. Struve, die in Vol. XI ausführlich beschrieben ist. Sie besteht in der Verbindung der Satelliten untereinander durch Positionswinkel und Distanzen, die so verteilt sind, daß das Mittel der Beobachtungszeiten der Positionswinkel möglichst nahe mit dem Mittel der Zeiten der Distanzmessungen zusammenfällt. Zu diesem Zwecke wurden bei den Washingtoner Beobachtungen in den meisten Fällen 4 Mikrometereinstellungen des Positionswinkels p, dann 8 Einstellungen der Distanz s und schließlich wieder 4 Einstellungen von p ausgeführt. Diese Methode hat den großen Vorteil, daß die erforderlichen Zeitreduktionen,

um die Beobachtungszeiten der p auf die Zeiten der s oder umgekehrt zu beziehen, klein sind, und bei geringen Zeitdifferenzen nicht berücksichtigt zu werden brauchen, was eine wesentliche Zeitersparnis für die Reduktion ausmacht. Bei den Washingtoner Beobachtungen wurden sie nur in solchen Fällen gerechnet, wenn die Differenz im Mittel der Beobachtungszeiten von s und p größer als 10 Sekunden war. Bei kleineren Unterschieden genügte es, das Mittel der Beobachtungszeiten von s und p einfach für die weitere Rechnung zugrunde zu legen. Die Positionswinkel selbst wurden in Washington, abweichend von der Zählweise bei den Pulkowaer Beobachtungen, stets auf den inneren Trabanten des gemessenen Paares bezogen. Also bedeutet p für die Verbindungen Rhea und Tethys den Positionswinkel von Rhea in bezug auf Tethys, d. h. im Sinne Rhea-Tethys und ebenso für die anderen Kombinationen Rhea-Dione, Dione-Tethys usw. Alle Beobachtungen sind wegen differentieller Refraktion schon korrigiert und seit dem Jahre 1903 auch die Instrumentalkonstanten gut abgeleitet und berücksichtigt. Der Nullpunkt des Positionskreises wurde durch wiederholte Bestimmungen der Richtung der täglichen Bewegung dauernd unter Kontrolle gehalten, wodurch der Wert der Washingtoner Beobachtungsreihen seit 1903 nicht unbeträchtlich erhöht wurde.

Die angewandte Vergrößerung des Instruments war fast ausschließlich eine 400fache, eine merkliche Abhängigkeit der Messungen von der Güte und Definition der Bilder (auf Grund der Schätzungen der Beobachter nach der Skala e »sehr gut« bis b »sehr schlecht«) ist kaum nachzuweisen. Unzuverlässige, durch Ablesungs- oder Reduktionsfehler entstellte Beobachtungen kommen nur ganz vereinzelt vor, und konnten diese Fehler, da sie gewöhnlich runde Zahlenwerte (Gradfehler usw.) ausmachten, meist berichtigt werden, so daß bei den Washingtoner Beobachtungen, mit wenig Ausnahmen, allen Bedingungsgleichungen das gleiche Gewicht zuerteilt werden konnte.

Die Beobachtungszeiten sind in Washingtoner M. Z. gegeben. Um von 1905 an die bequemen Tafeln des Berliner Jahrbuchs für die Hilfsgrößen U, B, P und die ebenfalls dort tabulierten mittleren Längen der Trabanten benutzen zu können, wurden alle Beobachtungszeiten zunächst in Berliner M. Z. umgewandelt. Zur Berechnung der Aberrationszeit habe ich die gleiche Konstante verwandt wie H. Struve in Vol. XI, nämlich die Lichtzeit 498?2.

Die Washingtoner Beobachtungen stellen ein sehr umfangreiches Material von mehreren 1000 Beobachtungen dar und enthalten auch eine große

Zahl von Kombinationen zwischen den inneren und äußeren Satelliten. Da es, wie in der Einleitung bereits bemerkt, in erster Linie wünschenswert war, neue Bahnbestimmungen für die fünf inneren Trabanten zu erhalten, die schon seit längerer Zeit an der Hand neuerer Beobachtungen nicht mehr untersucht worden waren, so habe ich die Reduktion auf die Verbindungen der Monde Rhea, Dione, Tethys, Enceladus und Mimas untereinander beschränkt und von der Bearbeitung ihrer Anschlüsse an Titan, Hyperion und Japetus vorläufig abgesehen.

Desgleichen sind auch bei den Barnardschen Messungen 1910—1914 am 40zölligen Yerkes-Refraktor nur die auf die inneren Trabanten bezüglichen Messungen hier in Betracht gezogen worden. Letztere sind im Astronomical Journal publiziert und die Beobachtungszeiten dort in Central Standard Time (Länge 6^h westlich vom Greenwicher Meridian) angegeben; sie wurden hier ebenfalls auf M. Z. Berlin bezogen. Die Barnardschen Reihen erstrecken sich über vier aufeinanderfolgende Oppositionen des Planeten und bestehen auch in Verbindungen der Satelliten untereinander; in der Anordnung der Einstellungen weichen sie von den Pulkowaer und Washingtoner darin ab, dass sie nur auf fünf Mikrometereinstellungen in p, bei acht Einstellungen in s beruhen, von welchen die ersteren die letzteren nicht einschließen, sondern nacheinander gemacht wurden. Dies hat zur Folge, daß die Mittelwerte der Distanzen hier im allgemeinen eine größere Genauigkeit besitzen als die Mittelwerte der Positionswinkel. Wenn es sich nun, wie es im Saturnssystem der Fall ist, um kleine Breiten handelt — die größte Öffnung der Trabantenbahnen, die möglich ist, erreicht noch nicht 30° — so ist aus obigen Gründen leicht einzusehen, daß die rechtwinkligen Koordinaten x eines Satelliten, auf die ein Fehler bei der Messung des Positionswinkels einen geringeren Einfluß hat, verhältnismäßig sicherer bestimmt sein werden, als die zugehörigen Koordinaten in y. Daraus läßt sich weiter schließen, daß diejenigen Elementenkorrektionen, die in erster Linie von den Bedingungsgleichungen in x abhängen — nämlich die Korrektionen der elliptischen Elemente, der Längen und Halbachsen — aus den Barnardschen Messungen mit größerer Sicherheit abgeleitet werden konnten als die Bestimmungsgrößen der Bahnlagen der einzelnen Trabanten. Außerdem hat das Verfahren auch den Nachteil, daß bei der Bearbeitung dieser Beobachtungen die Zeitreduktionen erheblich sind und streng gerechnet werden müssen.

Die im Astronomical Journal veröffentlichten Zahlenwerte für s und p haben durch Barnard noch keine Verbesserung wegen differentieller Refraktion erfahren. Da es sich aber bei den inneren Saturnstrabanten im allgemeinen um kleinere Distanzen handelt, die 10" Bogensekunden selten überschreiten, und die Messungen der Positionswinkel ohnehin nach dem, was eben gesagt war, nicht die gleiche Genauigkeit haben wie in Washington, so ist hier bei der Reduktion von den kleinen Korrektionen für Refraktion ganz abgesehen.

Die Zählweise der Positionswinkel ist bei Barnard die gleiche wie in Pulkowa.

Bei den Washingtoner Beobachtungen sind die Trabanten Rhea, Dione und Tethys alle drei untereinander verbunden worden, so daß für jeden von ihnen aus der Verbindung mit den beiden anderen unabhängig zwei Serien von Elementenkorrektionen für jede Opposition abgeleitet werden konnten. Für die Opposition 1903, als die Bahnen der Trabanten noch weiter geöffnet waren, wurden die Koeffizienten der Bedingungsgleichungen streng gerechnet und die Normalgleichungen in x und y vereinigt. Das gleiche gilt auch für das Jahr 1904, nur daß hier bei den Verbindungen Rhea-Dione und Dione-Tethys die Korrektionen der Epochenlängen und der Halbachsen in den Bedingungsgleichungen für y vernachlässigt wurden. Für die Oppositionen 1905—1908 fanden die vereinfachten Formeln S. 9 Anwendung. Obwohl die Beobachtungen für diesen Zeitraum nicht sehr zahlreich waren, konnten die Normalgleichungen in x für jede Opposition getrennt aufgelöst werden, da die Beobachtungen sich als sehr gut herausstellten. Der größeren Sicherheit halber habe ich die Normalgleichungen in y für die Jahre 1905 und 1906 einerseits und 1907 und 1908 anderseits zu einer Auflösung zusammengezogen. Wo eine solche, gemeinsame Auflösung auch für die Bedingungsgleichungen in x vorausgegangen war, habe ich ihre Resultate später in den Tabellen an passender Stelle beigefügt.

Die Messungen von Enceladus in Washington beruhten stets auf Anschlüssen an Tethys, so daß auf diese Weise für letzteren Trabanten noch eine weitere Serie von Elementenkorrektionen gewonnen wurde, während sich für die Elemente von Enceladus keine unabhängige Kontrolle bot. Mimas schließlich ist an alle inneren Trabanten angeschlossen worden. Da in Washington nur eine verhältnismäßig kleine Zahl von Messungen dieses schwierigen Objekts erhalten worden ist, so sind die Elemente der

Anschlußtrabanten hier nach den Ergebnissen der anderen Ausgleichungen als bekannt vorausgesetzt. Aus dem gleichen Grunde habe ich auch die Normalgleichungen für Mimas stets für je zwei aufeinanderfolgende Jahre zwischen 1903 und 1908 gemeinsam aufgelöst.

Die Barnardschen Beobachtungsreihen 1910—1914 am Yerkes-Refractor sind weniger umfangreich wie die Washingtoner Reihen 1903 bis 1908. Infolgedessen erschien es dort geboten, je zwei Oppositionen, für Mimas sogar alle vier Oppositionen, zu einer Auflösung zu vereinigen. Dagegen mußte bei Enceladus trotz der geringen Zahl von Einzelmessungen die Bearbeitung jeder Opposition für sich getrennt vorgenommen werden, da die Korrektion seiner mittleren Länge in dieser Zeit bedeutende Schwankungen aufwies. Im Gegensatz zu Washington ist Enceladus von Barnard an Rhea, Dione und Tethys angeschlossen worden; die Elemente der letzteren Trabanten wurden in diesem Falle für die Bestimmung der Verbesserungen von Enceladus als bekannt angenommen.

Die der Rechnung zugrunde gelegten Elementensysteme der inneren Trabanten sind dem XI. Bande der Pulkowaer Beobachtungen entnommen, für Tethys und Mimas mit Berücksichtigung der in dem Aufsatz A.N. 3885—86 eingeführten Verbesserungen für die Epochenlängen und Librationskonstanten.

Epochen 1889 April 0.0 mittl. Gr. Zeit.

Mimas.

$E_0 = 127^\circ\ 19'.0$
$n = 381^\circ.9945$
$\delta l = -44^\circ.243 \sin(116^\circ.46 + 5^\circ.075\,t)$
$\quad - 0^\circ.75 \sin 3(116^\circ.46 + 5^\circ.075\,t)$
$l_1 = E_0 + nt + \delta l$
$\theta = 54^\circ.7 - 365^\circ.3\,t$
$\gamma = 1^\circ\ 36'.5$
$\pi_1 = 107^\circ.2 + 365^\circ.3\,t$
$e = 0.0190$
$a = 26''.814.$

Enceladus.

$E_0 = 199^\circ\ 19'.8$
$n = 262^\circ.73199$
$\delta l = +11'.24 \sin(143^\circ + 92^\circ.4\,t)$
$\quad + 20'.0 \sin(75^\circ + 29^\circ.3\,t)$
$l_1 = E_0 + nt + \delta l$
$\pi_1 = 308^\circ.38 + 123^\circ.43\,t$
$e = 0.0046$
$a = 34''.401.$

Die Neigung γ wurde nicht berücksichtigt.

Tethys.

$E_0 = 284^\circ\ 31'.0$
$n = 190^\circ.69795$
$\delta l = +118'.90 \sin(116^\circ.46 + 5^\circ.075\,t)$
$\quad + 2'.02 \sin 3(116^\circ.46 + 5^\circ.075\,t)$
$l_1 = E_0 + nt + \delta l$
$\theta = 110^\circ.55 - 72^\circ.5\,t$
$\gamma = 1^\circ\ 4'.36$
$a = 42''.586.$

Für Tethys wurde eine Kreisbahn vorausgesetzt.

Dione.

$E_0 = 253^\circ\ 51'.4$
$n = 131^\circ.534955$
$\delta l = -1'.21 \sin(143^\circ + 92^\circ.4\,t)$
$\quad - 2'.13 \sin(75^\circ + 29^\circ.3\,t)$
$l_1 = E_0 + nt + \delta l$
$\pi_1 = 165^\circ + 31^\circ.0\,t$
$e = 0.0020$
$a = 54''.543.$

Die Neigung γ wurde nicht berücksichtigt.

Rhea.

$$
\begin{aligned}
E_0 &= 358^\circ\ 23'.8 \\
n &= 79^\circ.690087 \\
l_1 &= E_0 + n\,t_0 \\
\Omega - \Omega_1 &= 19'.77 \sin (347^\circ.3 - 10^\circ.1\,t) - 0'.38 + 1'.00 \sin (48^\circ.5 - 0^\circ.50\,t) \\
i - i_1 &= 19'.77 \cos (347^\circ.3 - 10^\circ.1\,t) - 2'.79 + 1'.00 \cos (48^\circ.5 - 0^\circ.50\,t) \\
a &= 76''.170.
\end{aligned}
$$

Für Rhea wurde eine Kreisbahn vorausgesetzt.

Die Halbachsen der Trabantenbahnen a in der vorstehenden Zusammenstellung entsprechen der Saturnsmasse $\frac{1}{3500}$ und gelten für eine mittlere Entfernung

$$\log (\rho) = 0.97950 .$$

Da die Berliner Jahrbücher die Ephemeriden für die Saturnstrabanten erst vom Jahre 1905 an geben, so mußten die Hilfsgrößen U, B, P und die Längen der Trabanten für die Oppositionen 1903 und 1904 besonders gerechnet werden. Die Ephemeriden des Berliner Jahrbuchs 1905 bedurften einer Reihe von Verbesserungen, da hier zum Teil noch andere Konstanten für die Librationsglieder von Mimas und Tethys und andere Werte der Halbachsen verwandt worden waren. Die kleinen Neigungen γ, welche sich nach der Bestimmung in Vol. XI für Enceladus und Dione ergeben hatten, wurden bei der Rechnung der $O-C$ nicht berücksichtigt; für Rhea wurde eine Kreisbahn angenommen. Im übrigen sind die obigen Elementensysteme vom Jahre 1906 an dieselben, welche den Tafeln der Saturnstrabanten im Berliner Jahrbuch zugrunde gelegt sind.

Die folgenden Tabellen enthalten die Vergleichung von Beobachtung und Rechnung, die Bedingungsgleichungen, die Normalgleichungen und ihre Auflösungen nach den verschiedenen Verbindungen der Trabanten und den aufeinanderfolgenden Oppositionen geordnet. Die Berechnung der $O-C$, der Koeffizienten der Bedingungsgleichungen und die Entnahme der Längen der Trabanten nach den Tafeln im Berliner Jahrbuch, wurde ausnahmslos doppelt ausgeführt. Bei kleineren Rechnungen, insbesondere bei der Ermittlung der Zeitreduktionen für p, wurde auf eine zweite unabhängige Kontrolle verzichtet. Bei der Bildung der Normalgleichungen wurden die Summengleichungen für die allgemeine Kontrolle benutzt.

Im einzelnen ist noch folgendes zu bemerken: Die Abweichungen $O-C = u$ in x, wie sie im folgenden gefunden sind, ließen von vornherein auf eine Vergrößerung der Halbachsen der Bahnen im Betrage von

beiläufig $\frac{da}{a} = +0.002$ schließen. Es erschien daher zweckmäßig, diese Korrektion in den Jahren 1904—1908, wo die Auflösung der Bedingungsgleichungen in x und y getrennt ausgeführt wurde, zu berücksichtigen, um dadurch den Fehler aus den Bedingungsgleichungen in y zu beseitigen. Demgemäß sind an die in den folgenden Tabellen »Beobachtung — Rechnung« für die Jahre 1904—1908 gegebenen Werte von $O-C$ zunächst die Korrektionen

$$\text{Korr. } (O-C)_x = -0.002\ (x_1 - x_2),$$
$$\text{Korr. } (O-C)_y = -0.002\ (y_1 - y_2)$$

angebracht worden und mit diesen verbesserten Werten von $O-C = u$ die Normalgleichungen gebildet.

Die Koeffizienten der Bedingungsgleichungen sind logarithmisch in Sekunden angesetzt, die Koeffizienten der Normalgleichungen in Zahlen gegeben. Vor der Bildung der Normalgleichungen sind die Koeffizienten der Washingtoner Reihen homogen gemacht worden. Die zugehörigen Homogenitätsfaktoren habe ich in allen Fällen neben die Normalgleichungen gesetzt. Unter Berücksichtigung dieser Homogenitätsfaktoren sind die aus den Auflösungen erhaltenen Korrektionen der Elemente zur Verwandlung in Bogenminuten durch sin 1′ zu dividieren. Die Tabellen für die Bedingungsgleichungen enthalten in der letzten Spalte die nach den Ausgleichungen übrigbleibenden Restfehler v. Wo keine Gewichtsangaben beigefügt sind, ist den Bedingungsgleichungen überall volles Gewicht gegeben.

In den Publikationen des Naval Observatory Vol. VI sind die Beobachtungen sehr sorgfältig zusammengestellt worden. Es lag daher keine Veranlassung vor, die Messungsergebnisse hier noch einmal zu geben. Einige durch die Reduktion aufgefundene Versehen habe ich durch Anmerkungen berichtigt.

Die Barnardschen Beobachtungen, die bisher nur in verschiedenen Nummern des Astronomical Journal publiziert worden sind und einige Versehen und Druckfehler aufweisen, habe ich aus diesem Grunde hier noch einmal übersichtlich zusammengestellt. Die betreffenden Blätter enthalten zunächst das Datum und die Beobachtungszeit von s in C. S. Time, weiterhin die gemessene Distanz s, den Zeitunterschied Δt zwischen den Einstellungen der Messungen von p und s, weiterhin den Positionswinkel p und die zugehörige Zeitreduktion dp in Bogenminuten, dann die Anzahl der Einstellungen in s und p und schließlich unter »Bemerkungen« Angaben über Verbesserungen der im Astronomical Journal veröffentlichten Beobachtungs-

daten, soweit sie sich mit einiger Sicherheit aus der Reduktion verbürgen ließen. Bei der Spalte Δt ist zu beachten, daß die Einstellungen von p den Einstellungen von s bei Barnard immer vorausgehen. Für die Reduktion der Positionswinkel auf die Zeiten der Distanzen waren demnach die Zeitdifferenzen Δt stets mit positivem Zeichen zu nehmen.

Da die Bedingungsgleichungen für die Barnardschen Reihen vollständig angesetzt worden sind, um die Auflösung der Normalgleichungen gemeinsam vorzunehmen, so ist hier bei den $O-C$ von der vorläufigen Korrektion der Halbachsen abgesehen. Auf das Homogenmachen der Bedingungsgleichungen ist hier auch verzichtet. Bei der Bildung der Normalgleichungen wurden die Koeffizienten der Bedingungsgleichungen durch 100 dividiert.

Die Auflösungen enthalten die mittleren Elemente, die aus den Korrektionen einer jeden Beobachtungsreihe abgeleitet worden sind. Wo nichts Besonderes gesagt ist, gelten sie also für die mittleren Epochen. Die Längen der Trabanten l sind gezählt vom Äquinoktium aus in der Ekliptik, dann im Saturnsäquator, schließlich in der Trabantenbahn, die Längen der Apsidenlinien π dagegen vom Schnittpunkt des Saturnsäquators mit dem Erdäquator. Die Angaben für die Knotenlängen und Neigungen beziehen sich auf das wahre Äquinoktium der Epoche und auf die auch von H. Struve seinen Rechnungen zugrunde gelegten Ausgangselemente des Saturnsäquators für die Epoche 1889.25

$$\Omega_1 = 167^\circ\ 57'.0 \qquad i_1 = 28^\circ\ 5'.3$$

Nur bei Mimas sind die Knotenlängen und Neigungen auf meine in A. N. 4880 abgeleiteten neuen Elemente des Saturnsäquators bezogen. Die Epochen, für welche die Größen Ω, i schließlich gerechnet wurden, stimmen nicht immer mit den mittleren Epochen der Beobachtungsreihen überein, aus denen sie abgeleitet worden sind. Um die Resultate Ω, i herrührend aus verschiedenen Verbindungen von Rhea, Dione und Tethys, unmittelbar miteinander vergleichbar zu machen, habe ich in A. N. 4880 für jede Opposition eine bestimmte Epoche gewählt, und zwar für die Jahre

1903	die	Epoche	1903.590
1904	»	»	1904.638
1905—1906	»	»	1906.000
1907—1908	»	»	1908.095
1910—1912	»	»	1911.181
1912—1914	»	»	1913.282

Diese Epochen habe ich auch bei den folgenden Zusammenstellungen der Ω, i beibehalten.

Die Reduktion der Beobachtungsreihen am Naval-Observatory in Washington.

Rhea-Tethys 1903.

Beobachtung — Rechnung.

1903		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Mai	8	20h58m17s	+66".67	+23".62	+ 43".05	+ 43".04	−0".01	− 9".54	−11".04	+ 1".50	+ 1".53	+0".03
	10	21 0 10	−74.15	+ 9.41	− 83.56	− 83.56	+0.12	+ 1.92	−12.84	+14.76	+15.05	+0.29
	13	20 43 38	+33.18	+12.11	+ 21.07	+ 21.14	+0.07	−19.89	+12.35	−32.24	−32.43	−0.19
	21	19 56 55	+70.63	+42.18	+ 28.45	+ 28.39	−0.06	+ 8.47	− 2.06	+10.53	+10.39	−0.14
Juni	2	20 20 12	−62.29	−32.01	− 30.28	− 30.41	−0.13	+13.50	− 8.60	+22.10	+22.34	+0.24
	3	19 29 15	+30.51	+33.98	− 3.47	− 3.39	+0.08	+21.41	+ 7.87	+13.54	+13.53	−0.01
	15	20 8 57	−77.98	− 4.39	− 73.59	− 74.09	−0.50	− 3.54	−13.76	+10.22	+10.27	+0.05
	18	18 35 55	+54.81	+19.10	+ 35.71	+ 35.86	+0.15	−17.10	+12.30	−29.40	−29.60	−0.20
	20	19 30 38	−69.53	+35.99	−105.52	−105.50	+0.02	+11.29	+ 7.61	+ 3.68	+ 3.48	−0.20
	21	17 40 28	+10.80	−34.22	+ 51.02	+ 50.80	−0.22	+23.62	− 8.40	+32.02	+32.06	+0.04
	29	17 56 25	−74.63	−29.56	− 45.07	− 45.05	+0.02	+ 8.57	+11.20	− 2.63	− 2.82	−0.19
	30	17 9 58	+11.44	+26.82	− 15.38	− 15.44	−0.06	+24.39	−11.90	+36.29	+36.24	−0.05
Juli	2	20 22 9	+ 2.29	− 7.92	+ 10.21	+ 10.13	−0.08	−24.72	−14.04	−10.68	−10.63	+0.05
	6	19 19 47	+57.97	−31.78	+ 89.75	+ 89.81	+0.06	−17.11	− 9.75	− 7.36	− 7.28	+0.08
	7	18 14 7	−40.30	+32.92	− 73.22	− 73.12	+0.10	−21.78	+ 9.37	−31.15	−31.39	−0.24
	9	18 20 16	+13.82	+42.17	− 28.35	− 28.26	+0.09	+24.77	+ 4.46	+20.31	+20.24	−0.07
	15	16 45 10	+67.75	+38.64	+ 29.11	+ 29.12	+0.01	−13.68	− 8.29	− 5.39	− 5.11	+0.28
	18	16 54 30	+ 4.16	−19.23	+ 23.39	+ 23.57	+0.18	+25.52	+13.73	+11.79	+11.84	+0.05
	21	15 39 50	−68.82	+ 2.16	− 70.98	− 71.13	−0.15	−13.79	−14.91	+ 1.12	+ 0.97	−0.15
	22	16 42 47	−50.64	+12.79	− 63.43	− 63.40	+0.03	+19.92	+14.11	+ 5.81	+ 5.88	+0.07
	23	15 46 47	+49.91	−15.31	+ 65.22	+ 65.41	+0.19	+20.47	−13.82	+34.29	+34.37	+0.08
	24	16 18 1	+70.63	+25.78	+ 44.85	+ 44.85	0.00	−12.49	+11.89	−24.38	−24.45	−0.07
	27	15 45 42	− 4.27	−40.32	+ 36.05	+ 36.10	+0.05	+25.89	− 6.24	+32.13	+32.03	−0.10
	28	17 13 44	+80.28	+45.21	+ 35.07	+ 34.96	−0.11	+ 4.04	+ 0.54	+ 3.50	+ 3.40	−0.10
	30	16 31 9	−69.42	+44.56	−113.98	−114.33	−0.35	−13.72	− 3.61	−10.11	−10.19	−0.08
Aug.	5	15 35 29	− 8.08	+10.81	− 24.89	− 25.01	−0.12	+26.11	−14.39	+40.50	+40.68	+0.18
	9	15 21 23	−59.66	−15.08	− 44.58	− 44.63	−0.05	+17.65	−14.14	+31.79	+31.61	−0.18
	11	14 58 49	+75.68	−27.87	+103.55	+103.65	+0.10	− 9.16	−11.58	+ 2.42	+ 2.69	+0.27
	17	15 25 12	−62.57	−43.30	− 19.21	− 19.22	−0.01	−16.98	+ 4.98	−21.96	−22.09	−0.13
	18	14 50 16	−62.98	+41.75	−104.73	−104.90	−0.17	+16.40	− 6.50	+22.90	+22.82	−0.08
	20	14 42 41	+70.73	+33.08	+ 43.65	+ 43.53	−0.12	− 7.87	−10.98	+ 3.11	+ 2.98	−0.13
	21	14 20 44	− 8.80	−28.57	+ 19.77	+ 19.60	−0.17	−26.50	+12.35	−38.85	−38.83	+0.02
	22	15 0 5	−80.41	+17.03	− 97.44	− 97.75	−0.31	− 0.84	−14.52	+13.68	+13.80	+0.12
	23	15 17 39	−15.42	− 8.07	− 7.35	− 7.09	+0.26	+26.10	+15.26	+10.84	+11.02	+0.18
	24	14 38 57	+73.65	+ 3.69	+ 69.96	+ 70.17	+0.21	+10.83	−15.39	+26.22	+26.40	+0.18
Sept.	2	13 14 23	+68.66	+43.96	+ 24.70	+ 24.64	−0.06	+13.72	+ 1.70	+12.02	+11.85	−0.17
	3	13 1 0	+52.05	−44.47	+ 97.12	+ 97.38	+0.26	−19.86	+ 0.71	−20.57	−20.44	+0.13
	4	13 16 20	−50.21	+43.36	− 93.57	− 93.57	0.00	−20.84	− 4.09	−16.75	−16.95	−0.20
	10	13 6 34	−30.75	+10.83	− 41.58	− 41.75	−0.17	+24.42	−15.04	+39.46	+39.76	+0.30
	11	12 53 39	+65.37	− 3.98	+ 69.35	+ 69.69	+0.34	+15.05	+15.32	− 0.27	− 0.44	−0.17
	12	12 36 25	+55.83	− 2.52	+ 58.35	+ 58.28	−0.07	−18.59	−15.23	− 3.36	− 3.30	+0.06
	13	12 32 48	−44.39	+10.28	− 54.67	− 54.60	+0.07	−22.08	+14.68	−36.76	−36.88	−0.12
	14	12 6 8	−72.45	−15.55	− 56.90	− 56.91	−0.01	+10.00	−14.02	+24.02	+23.95	−0.07
	15[1]	12 33 7	+18.74	+25.16	− 6.42	− 6.24	+0.18	+25.82	+12.07	+13.75	+13.71	−0.04
	20	12 21 13	+61.16	−43.47	+104.63	+104.67	+0.04	+16.53	− 0.03	+16.56	+16.53	−0.03
	21	12 22 27	+58.19	+43.04	+ 15.15	+ 15.14	−0.01	−17.36	− 2.85	−14.51	−14.57	−0.06

[1] Der Positionswinkel ist um 180° zu ändern. $p = 342° 53'.4$.

1903		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Sept.	25	$13^h41^m24^s$	+77".02	+20".72	+56".30	+56".30	0".00	− 1".97	−13".60	+11".63	+11".72	+0".09
	29[1]	12 19 33	+58.04	− 2.52	+60.56	+60.66	+0.10	+17.31	−14.95	+32.26	+32.36	+0.10
	30	12 14 37	+60.00	+ 9.95	+50.05	+50.17	+0.12	−16.10	+14.41	−30.51	−30.54	−0.03
Okt.	7	11 36 40	−44.24	−42.11	− 2.13	− 2.34	−0.21	+20.87	− 1.00	+21.87	+21.83	−0.04
	14	11 13 5	+24.67	+17.68	+ 6.99	+ 6.81	−0.18	−24.06	−13.57	−10.49	−10.36	+0.13

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in x_1-x_2.

1903		$e_1\sin\pi_1$	$e_1\cos\pi_1$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v	1903		$e_1\sin\pi_1$	$e_1\cos\pi_1$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v
Mai	8	1.9656	1.1474	1.5149_n	1.5334_n	1.6339	+0".025	Aug.	9	2.0800	1.5204	1.7384	1.6306_n	1.6496_n	+0".086
	10	1.8772	0.7405_n	0.8613	1.6084_n	1.9214_n	+0.305		11	1.9665	1.3350	1.4589_n	1.5524_n	2.0156	+0.064
	13	2.1405	0.8279	1.8271_n	1.6028	1.3251	−0.018		17	2.0448	1.6516_n	1.7075_n	1.0969	1.2838_n	−0.013
	21	1.9060	1.5970_n	1.4419	0.6589_n	1.4532	−0.114		18	2.0560	1.5333	1.7021	1.2318_n	2.0208_n	−0.012
Juni	2	2.0371	1.3025	1.6608	1.4633_n	1.4830_n	−0.043		20	1.9491	1.2921	1.3899_n	1.4852_n	1.6388	−0.095
	3	2.1356	1.6989_n	1.8521	1.4283	0.5307_n	−0.025		21	2.2029	1.1864_n	1.9033_n	1.5412	1.2923	−0.248
	15	1.8912	1.3472_n	1.0365_n	1.6416_n	1.8698_n	−0.319		22	1.9049	0.6987_n	0.2590_n	1.6194_n	1.9901_n	−0.102
	18	2.0951	1.3454	1.7556_n	1.6003	1.5546	+0.045		23	2.1992	0.9576	1.8968	1.6454	0.8506_n	+0.140
	20	2.0044	1.2893	1.5787	1.4118	2.0232_n	+0.084		24	1.9632	1.5146_n	1.5046	1.6508_n	1.8462	+0.193
	21	2.1797	1.5747_n	1.8891	1.4503_n	1.7059	−0.271	Sept.	2	1.9964	1.5698_n	1.6054	0.8489	1.3916	−0.139
	29	1.9683	1.1803	1.4582	1.5255	1.6537_n	−0.005		3	2.0976	1.5645	1.7758_n	9.0709_n	1.9885	+0.171
	30	2.1924	1.4932_n	1.8987	1.5543_n	1.1886_n	−0.011		4	2.1018	1.6195_n	1.7898_n	0.9875_n	1.9711_n	+0.142
Juli	2	2.2014	1.2398_n	1.9041_n	1.6448_n	1.0056	+0.023		10	2.1648	1.4197	1.8611	1.6312_n	1.6206_n	−0.048
	6	2.0900	1.4156	1.7467_n	1.5030_n	1.9533	+0.044		11	2.0124	1.5773_n	1.6433	1.6422	1.8432	+0.124
	7	2.1334	1.7064_n	1.8434_n	1.4869	1.8640_n	+0.128		12	2.0730	1.5798	1.7444_n	1.6429_n	1.7655	−0.016
	9	2.1940	1.4954_n	1.8998	1.2014	1.4512_n	+0.043		13	2.1200	1.5800_n	1.8123_n	1.6306	1.7372_n	−0.052
	15	2.0348	1.4162	1.6458_n	1.3713_n	1.4643	+0.048		14	1.9560	1.4317	1.4798	1.6134_n	1.7552_n	+0.145
	18	2.2056	1.2993_n	1.9077	1.6126	1.3725	+0.018		15	2.1821	1.2890_n	1.8813	1.5548	0.7951_n	+0.068
	21	1.9996	1.6612_n	1.6321_n	1.6559_n	1.8521_n	+0.034		20	2.0314	1.5821_n	1.6826	0.3409_n	2.0198	−0.121
	22	2.1256	1.4395	1.8013	1.0384	1.8021_n	−0.004		21	2.0496	1.5832	1.7127_n	0.7818_n	1.1802	+0.015
	23	2.1052	1.7067_n	1.8055	1.6303_n	1.8156	+0.153		25	1.8011	0.8148	0.8103_n	1.5788_n	1.7505	+0.015
	24	2.0147	1.4114	1.6014_n	1.5719	1.6518	−0.115		29	2.0409	1.5743_n	1.7014	1.6323_n	1.7829	+0.080
	27	2.2084	0.9601_n	1.9086	1.3189_n	1.5575	+0.010		30	2.0265	1.5783	1.6792_n	1.6201	1.7004	−0.006
	28	1.9120	1.2638_n	1.0728	0.5883	1.5436	−0.177	Okt.	7	2.0086	1.5684	1.7893	0.6935_n	0.3696_n	−0.210
	30	1.9994	1.6420_n	1.6239_n	0.9374_n	2.0582_n	−0.191		14	2.1511	1.3965	1.8501_n	1.5798_n	0.8330	−0.073
Aug.	5	2.2083	0.4569_n	1.9067	1.6245_n	1.3981_n	−0.035								

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in y_1-y_2.

1903		$e_1\sin\pi_1$	$e_1\cos\pi_1$	de_1	de_2	$d(\gamma\sin\theta_0)_1$	$d(\gamma\cos\theta_0)_1$	$d(\gamma\sin\theta_0)_2$	$d(\gamma\cos\theta_0)_2$	$\frac{da}{a}$	v
Mai	8	1.1859	1.5862	1.3054_n	0.8547	1.5668_n	1.7811_n	1.4493_n	1.4445_n	0.1845	+0".007
	10	0.9869	1.6426	1.3514	0.4549_n	1.1293	1.8433	1.5640_n	1.1845_n	1.1774	+0.271
	13	1.1277	1.4020	1.0019_n	0.5641_n	1.8242_n	1.4040_n	1.5968	0.7303_n	1.5100_n	−0.087
	21	9.8093_n	1.6394	1.3303_n	1.1064_n	1.2914	1.8426_n	0.9155	1.6066_n	1.0166	−0.122
Juni	2	1.2347	1.5628	1.2776	0.9884	1.6942	1.7389	1.4814_n	1.4455	1.3490	+0.175
	3	0.0214_n	1.4506	0.9680_n	1.0148_n	1.8092	1.5542_n	1.4508	1.4779_n	1.1313	+0.054
	15	0.5610	1.6804	1.3796	0.1305	0.4480_n	1.8744	1.6218_n	0.3086	1.0118	+0.016

[1] Eine Beobachtung 1903 Sept. 26 gehört zur Reihe Dione-Tethys.

1903		$e_1 \sin \pi_1$	$e_1 \cos \pi_1$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	$\frac{da}{a}$	r
Juni	18	1.2341	1.5314	1.2277_n	0.7699_n	1.7718_n	1.6670_n	1.5870	1.2183_n	1.4714_n	−0.096
	20	1.2092	1.6178	1.3320	1.0460_n	1.6278	1.7939	1.4119	1.5222_n	0.5417	−0.081
	21	0.1785_n	1.4161	0.7155_n	1.0244	1.8557	1.3657_n	1.4461_n	1.4996	1.5059	−0.072
	29	1.1528	1.6557	1.3672	0.9650	1.5306	1.8323	1.4976	1.4553	0.4504_n	−0.116
	30	0.4828_n	1.4110	0.5532_n	0.9233_n	1.8684	1.2543_n	1.5282_n	1.4129_n	1.5592	−0.109
Juli	2	0.5792	1.3959	0.8566_n	0.3950	1.8809_n	0.6955	1.6229_n	0.8587	1.0264_n	−0.011
	6	1.2322	1.5655	1.2616_n	1.0006	1.7616_n	1.6987_n	1.4793_n	1.4805	0.8622_n	−0.005
	7	0.8621_n	1.5162	1.1042	1.0163_n	1.7953_n	1.6443	1.4617	1.4966_n	1.4968_n	−0.098
	9	0.1296_n	1.4243	0.6408_n	1.1252_n	1.8683	1.2964_n	1.1671	1.6037_n	1.3062	−0.015
	15	1.2111	1.6282	1.3348_n	1.0909_n	1.6744_n	1.7810_n	1.3643_n	1.5573_n	0.7086_n	+0.273
	18	0.0846	1.4153	0.1244_n	0.7897	1.8809	1.0109_n	1.5950	1.2313	1.0732	+0.095
	21	0.8740_n	1.6607	1.3453	9.8414_n	1.5467_n	1.8339	1.0327_n	9.6640_n	9.9861	−0.179
	22	1.2040	1.5443	1.2128	0.6150_n	1.8030	1.6339	1.6093	1.1367_n	0.7695	+0.182
	23	0.9744_n	1.5692	1.2072_n	0.6940	1.7525	1.7148_n	1.5096_n	1.2082	1.5362	−0.045
	24	1.1830	1.6527	1.3586_n	0.9209_n	1.0322_n	1.8040_n	1.5342	1.4134_n	1.3883_n	+0.028
	27	0.5515	1.4185	0.1421	1.1170	1.8849	0.2463_n	1.2496_n	1.5919	1.5055	−0.193
	28	9.0353	1.7190	1.4168_n	1.1674_n	0.7393	1.8839_n	0.1531	1.6323_n	0.5320	−0.066
	30	0.9108_n	1.6685	1.3549	1.1623_n	1.5425_n	1.8348	1.0242_n	1.6189_n	1.0080_n	+0.004
Aug.	5	0.6490	1.4264	0.4247	0.7427	1.8838	0.3851	1.6105_n	1.1162_n	1.6094	+0.101
	9	1.1990	1.6669	1.2952	0.6980	1.7421	1.7229	1.5917_n	1.2397	1.4998	−0.256
	11	1.0712	1.6966	1.3997_n	0.9658	1.4999_n	1.8422_n	1.4963_n	1.4624	0.4297	+0.171
	17	1.0475_n	1.6412	1.3205	1.1612	1.6484_n	1.7904	1.1953	1.5970	1.3441_n	−0.088
	18	1.1803	1.6313	1.3238	1.1452_n	1.7061	1.7510	1.2985_n	1.5746_n	1.3583	−0.050
	20	1.0017	1.7090	1.4107_n	1.0453_n	1.4342_n	1.8504_n	1.5034_n	1.4474_n	0.4739	−0.163
	21	0.2565_n	1.4388	0.4707	0.9821	1.8739_n	1.0968	1.5402	1.3670	1.5892_n	+0.100
	22	0.1858	1.7328	1.4320	0.7578_n	0.3960	1.8701	1.6097_n	1.0677_n	1.1399	+0.105
	23	0.7901	1.4442	0.7153	0.4340	1.8740	1.0187	1.6254	0.4682	1.0420	+0.252
	24	0.9056_n	1.7004	1.3949_n	0.0946_n	1.4198	1.8505_n	1.0259_n	0.1191	1.4216	+0.076
Sept.	2	1.0293_n	1.6767	1.3685_n	1.1749_n	1.5404	1.8218	0.9994	1.6218_n	1.0737	−0.139
	3	1.1557	1.5871	1.2535_n	1.1802	1.7667_n	1.6694_n	0.7512	1.6173	1.3104_n	+0.103
	4	1.0954_n	1.5818	1.2333	1.1696_n	1.7450_n	1.6985	1.1689_n	1.5920_n	1.2291_n	−0.130
	10	1.0058	1.4912	1.0226	0.5692_n	1.8410	1.4104	1.6158_n	0.5777_n	1.5994	+0.225
	11	1.0769_n	1.6604	1.3504_n	0.1345	1.8852	1.8010_n	1.6159	0.4550_n	9.0454_n	−0.108
	12	1.1452	1.6066	1.2821_n	9.9362	1.7361_n	1.6991_n	1.6059_n	0.9540	0.5179_n	−0.018
	13	1.0865_n	1.5529	1.1829	0.5476_n	1.7709_n	1.6475	1.5797	1.2072_n	1.5668_n	+0.024
	14	1.0017	1.6975	1.3959	0.7275	1.4068	1.8242	1.5513_n	1.3188	1.3793	−0.128
	15	0.7797_n	1.4552	0.8089_n	0.9369_n	1.8480	1.3180_n	1.4653	1.4625_n	1.1369	+0.033
	20	1.1102_n	1.6378	1.3238_n	1.1755	1.6296	1.7734_n	0.7303	1.6074	1.2182	−0.092
	21	1.1273	1.6210	1.3023_n	1.1714_n	1.7059_n	1.7195_n	1.1182_n	1.5870_n	1.1633_n	−0.030
	25	0.3353	1.7259	1.4249_n	0.8548_n	0.6665_n	1.8569_n	1.5882_n	1.0785_n	1.0690	+0.022
	29	1.1246_n	1.6198	1.3025_n	0.9396	1.6500	1.7523_n	1.5891_n	1.0340	1.5100	−0.010
	30	1.1047	1.6317	1.3171_n	0.5366_n	1.6751_n	1.7341_n	1.5587	1.2434_n	1.4848_n	+0.067
Okt.	7	1.0839	1.5476	1.1851	1.1637	1.7758	1.5877	0.6877	1.5964	1.3390	−0.069
	14	0.8884	1.4600	0.9312_n	0.7866_n	1.8296_n	1.2946_n	1.5883_n	0.8271_n	1.0156	+0.090

Normalgleichungen.

	$e_1 \sin \pi_1$	$e_1 \cos \pi_1$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
$e_1 \sin \pi_1$	28.925	−2.650	+4.167	−4.287	−0.172	−0.041	−0.306	−0.011	+0.344	−0.019	7.7916
$e_1 \cos \pi_1$		43.692	−4.378	−2.403	+1.667	−3.370	−7.065	−4.777	+2.597	−0.365	8.2672
$d\epsilon_1$			26.879	−0.969	+1.306	+7.916	+0.015	+0.996	−0.986	+0.393	8.0914
$-d\epsilon_2$				30.374	+0.562	+1.076	+0.054	+6.605	−0.331	+2.983	8.3441
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$					24.532	+2.327	−1.073	+1.623	+5.716	+0.621	8.1151
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$						24.067	−0.025	+3.042	+0.053	−0.545	8.1161
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$							28.187	−1.886	−3.955	−2.371	8.3673
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$								20.274	+0.614	+1.169	8.3677
$\frac{da}{a}$									15.434	+2.305	7.9418

Auflösung Rhea-Tethys 1903.

Korrektionen: Mittlere Epoche 1903.590.

	Rhea	Tethys		Rhea	w. F.	Tethys	w. F.		
$\log e \sin \pi$	5.4857	—	$e \sin \pi$	+0.00003	±0.00010	—	-	(nn)	2.363
$\log e \cos \pi$	6.5717$_n$	—	$e \cos \pi$	−0.00037	±0.00025	—	-	$(er)_r$	0.760
$\log de$	6.5907	7.3303$_n$	de	+1!34	±0!76	−7!46	±1!26	$(er)_y$	0.766
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.1305$_n$	7.2044	$d(\gamma \sin \theta_0)$	−0!47	±0!82	+5!50	±1!35	(er)	1.526
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	6.7352$_n$	6.5666$_n$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	−1!87	±0!85	−1!27	±1!64		

$\log \frac{da}{a}$ 7.0956 Epoche von π, θ 1903 Aug. 5.0 Anzahl der Gl. 192

$\frac{da}{a}$ +0.00125 ±0.00021 Summe der Gew. 102

w. F. einer Gl. ±0".086

Korrigierte Elemente:

Sept. 0.0	l	66° 43!0	±0!8	268° 45!0	±1!3	
	a	76".265	±0".010			
	e	0.00037				
	π	175°4				
Ep. 1903.590	Ω	167° 55!42	±1!81	167° 38!74	±3!06	
	i	27 43.19	±0.84	29 9.22	±1.51	

Rhea-Tethys 1904.

Beobachtung — Rechnung.

1904		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Juni	12	20^{h}15^m 8^s	+24".28	−43".05	+ 67".33	+ 67".11	−0".22	+16".97	+ 1".76	+15".21	+15".26	+0".05
	14	19 52 30	+ 4.94	−39.04	+ 43.98	+ 44.04	+0.06	−17.77	+ 4.61	−22.38	−22.47	−0.09
	17	19 30 15	+63.86	+24.21	+ 39.65	+ 39.64	−0.01	+10.72	− 8.19	+18.91	+18.96	+0.05
	22	18 51 8	+78.90	+10.75	+ 68.15	+ 68.32	+0.17	+ 0.18	+ 9.25	− 9.07	− 9.26	−0.19
	23	18 40 15	+13.98	−17.55	+ 31.53	+ 31.40	−0.13	−17.89	− 8.72	− 9.17	− 9.19	−0.02
	25	20 14 52	−34.09	−37.32	+ 3.23	+ 3.00	−0.23	+16.37	− 4.88	+21.25	+21.18	−0.07
Juli	3	17 50 40	−72.15	−37.00	− 35.15	− 34.92	+0.23	− 8.47	+ 5.93	−14.40	−14.55	−0.15
	11	18 14 18	+22.82	+24.76	− 1.94	− 1.63	+0.31	−18.30	+ 8.28	−26.58	−26.60	−0.02
	13	18 10 16	−48.80	+36.68	− 85.48	− 85.50	−0.02	+15.13	+ 5.65	+ 9.48	+ 9.66	+0.18
	14	18 25 14	+55.59	−41.63	+ 97.22	+ 97.23	+0.01	+14.32	− 3.64	+17.96	+18.05	+0.09
	19	18 1 2	+80.17	+40.25	+ 39.92	+ 39.95	+0.03	+ 3.53	− 5.17	+ 8.70	+ 8.89	+0.19
	20	17 30 16	+28.87	−37.19	+ 66.06	+ 66.30	+0.24	−18.26	+ 6.31	−24.57	−24.69	−0.12
	26	16 40 1	−81.28	+ 1.73	− 83.01	− 83.19	−0.18	+ 1.21	+10.59	− 9.38	− 9.58	−0.20
	31	16 45 18	−59.07	−38.19	− 20.88	− 21.00	−0.12	+13.70	− 5.59	+19.29	+19.18	−0.11
Aug.	3	16 40 19	−17.97	+45.71	− 63.68	− 63.61	+0.07	−20.00	− 0.05	−19.95	−19.92	+0.03
	12	16 33 49	−14.44	+ 3.49	− 17.93	− 17.73	+0.20	−20.58	+11.01	−31.59	−31.87	−0.28
	15	15 49 42	+75.28	−23.45	+ 98.73	+ 99.02	+0.29	+ 8.56	− 9.39	+17.95	+18.01	+0.06
	16	15 32 18	+46.00	+28.96	+ 17.04	+ 17.12	+0.08	−17.15	+ 8.42	−25.57	−25.86	−0.29
	21	14 58 26	− 3.87	−45.60	+ 41.79	+ 41.82	+0.03	−21.18	+ 0.06	−21.24	−21.19	+0.05
	23	15 17 40	−23.45	−42.08	+ 18.63	+ 18.78	+0.15	+20.23	+ 4.67	+15.56	+15.52	−0.04
	24	14 35 8	+71.12	+40.34	+ 30.78	+ 30.79	+0.01	+10.75	− 5.58	+16.33	+16.36	+0.03
	28	15 1 12	+29.38	+12.28	+ 17.10	+ 17.09	−0.01	+20.09	−11.04	+31.13	+31.31	+0.18
Sept.	2	13 58 28	+67.61	+22.56	+ 45.05	+ 45.10	+0.05	+12.21	+ 9.77	+ 2.44	+ 2.33	−0.11
	4	15 25 9	−52.88	+30.28	− 93.16	− 93.30	−0.14	−16.58	+ 4.96	−21.54	−21.67	−0.13
	5	14 44 39	−71.27	−42.03	− 29.24	− 29.50	−0.26	+ 9.87	− 3.98	+13.85	+13.74	−0.11
	7	13 30 52	+80.00	−44.59	+125.19	+125.43	+0.24	− 1.13	− 1.55	+ 0.42	+ 0.40	−0.02
	10	13 58 43	−34.75	+40.52	− 75.27	− 75.49	−0.22	+19.35	− 5.30	+24.65	+24.66	+0.01
	11	13 42 6	+64.47	−37.10	+101.57	+102.01	+0.44	+13.24	+ 6.75	+ 6.49	+ 6.51	+0.02
	16	13 11 16	+80.06	+ 4.59	+ 75.47	+ 75.38	−0.09	+ 0.28	−11.51	+11.79	+11.75	−0.04

1904	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Sept. 17	$13^h28^m\ 8^s$	+12.61	+ 5.52	+ 7.09	+ 7.08	−0.01	−21.36	+11.41	−32.77	−33.00	−0.23
18	13 51 25	−75.95	−15.95	− 60.00	− 60.11	−0.11	− 7.08	−10.68	+ 3.60	+ 3.44	−0.16
21	12 55 55	+62.66	+31.88	+ 30.78	+ 30.91	+0.13	−13.08	+ 7.85	−20.93	−20.83	+0.10
23	13 35 18	−74.72	+42.33	−117.05	−117.20	−0.15	+ 6.96	+ 3.22	+ 3.74	+ 3.75	+0.01
25	13 14 17	+79.12	+44.26	+ 34.86	+ 34.86	0.00	+ 1.12	− 0.49	+ 1.61	+ 1.62	+0.01
26	12 53 32	+18.34	−43.64	+ 61.98	+ 61.93	−0.05	−20.97	+ 2.08	−23.05	−23.14	−0.09
Okt. 1	13 51 22	−37.34	+14.69	− 52.03	− 52.20	−0.17	−19.15	−10.89	− 8.26	− 8.39	−0.13
3	15 20 55	+17.32	−10.41	+ 27.73	+ 28.17	+0.44	+21.08	−11.08	+32.16	+32.25	+0.09
4	12 30 11	+77.58	+ 1.42	+ 76.16	+ 76.49	+0.33	+ 2.97	+11.43	− 8.46	− 8.16	+0.30
5	12 46 21	+21.98	−11.09	+ 33.07	+ 33.19	+0.12	−20.53	−11.01	− 9.52	− 9.17	+0.35
6	13 32 23	−71.15	+22.79	− 93.94	− 94.01	−0.07	− 9.11	+ 9.61	−18.72	−18.94	−0.22
7	11 56 30	−49.68	−21.47	− 28.21	− 28.30	−0.09	+16.27	− 9.82	+26.09	+25.92	−0.17
9	13 4 4	+64.73	−37.54	+102.27	+102.30	+0.03	−11.49	− 5.51	− 5.98	− 6.14	−0.16
10	11 57 45	−25.86	+38.18	− 64.04	− 64.16	−0.12	−20.28	+ 5.16	−25.44	−25.31	+0.13

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1904	$e_1 \sin \pi_1$	$e_1 \cos \pi_1$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r	1904	$e_1 \sin \pi_1$	$e_1 \cos \pi_1$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r
Juni 12	2.0766	1.9565_n	1.8684	0.7828	1.8268	−0.295	Sept. 2	1.9270	1.8088_n	1.6516	1.5948	1.6542	−0.150
14	2.1448	1.8409_n	1.8914_n	1.2886	1.6438	−0.015	4	2.0165	1.9249_n	1.7880_n	1.3154	1.9699_n	−0.070
17	1.8017	1.9133_n	1.6569	1.5625_n	1.5981	−0.007	5	2.0191	0.6852_n	1.5832	1.2249_n	1.4698_n	−0.142
22	1.8466	1.5561_n	9.9799_n	1.6312	1.8345	+0.080	7	1.8904	1.3849_n	0.7504_n	0.8666_n	2.0984	+0.013
23	2.1588	1.7802_n	1.8910_n	1.6080_n	1.4970	−0.085	10	2.1691	1.3667_n	1.8613	1.2941_n	1.8779_n	−0.016
25	2.1510	1.5954_n	1.8542	1.3778_n	0.4766	−0.179	11	1.9454	1.8759_n	1.6824	1.4059	2.0087	+0.152
Juli 3	1.8472	1.8519_n	1.5395_n	1.4003	1.5431_n	+0.117	16	1.8754	1.4449_n	9.5547_n	1.6487_n	1.8773	−0.158
11	2.1715	1.6953_n	1.8888_n	1.5763	0.2132_n	+0.222	17	2.1828	1.6411_n	1.8976_n	1.6470	0.8500	−0.112
13	2.1325	1.3772_n	1.8089	1.4214	1.9320_n	−0.056	18	1.8679	1.7217_n	1.3936_n	1.6204_n	1.7790_n	+0.040
14	1.9679	1.9586_n	1.7689	1.2472_n	1.9878	−0.015	21	2.0662	0.2594_n	1.0910_n	1.4917	1.4901	+0.046
19	1.8411	1.6798_n	1.1123	1.3227_n	1.0016	−0.038	23	1.9622	0.8300_n	1.4277	1.1259	2.0689_n	+0.065
20	2.1731	1.6229_n	1.8808_n	1.4165	1.8215	+0.061	25	1.8665	1.4730_n	0.4392	9.9530_n	1.5424	−0.075
26	1.8867	1.4635_n	0.8167	1.6585	1.9201_n	−0.112	26	2.1783	1.5537_n	1.8861_n	0.8468	1.7919	−0.178
31	2.1026	1.1302_n	1.7515	1.3990_n	1.3221_n	−0.005	Okt. 1	2.0797	1.8911_n	1.8394_n	1.6167_n	1.7177_n	−0.059
Aug. 3	2.1400	1.9147_n	1.9021_n	0.1243	1.8036_n	+0.130	3	2.1406	1.8263_n	1.8826	1.6286_n	1.4497	+0.435
12	2.1521	1.8902_n	1.9062_n	1.6591	1.2488_n	+0.100	4	1.8550	1.5483_n	0.9761	1.6402	1.8836	+0.092
15	1.8745	1.8088_n	1.5046	1.5942_n	1.9957	+0.126	5	2.1716	1.4789_n	1.8747_n	1.6255_n	1.5210	+0.136
16	2.1511	1.2897_n	1.8304_n	1.5489	1.2334	+0.002	6	1.8814	1.7607_n	1.5027_n	1.5697	1.9232_n	−0.004
21	2.1732	1.8250_n	1.9118_n	0.0355_n	1.6214	−0.081	7	2.1125	0.7033_n	1.7772	1.5781_n	1.4517_n	+0.077
23	2.1848	1.5958_n	1.8929	1.2460	1.2736	+0.092	9	2.0305	9.3861	1.6313_n	1.3370_n	2.0099	−0.089
24	1.9035	1.8505_n	1.6012	1.3285_n	1.4884	−0.059	10	2.1143	1.8529_n	1.8630_n	1.3100	1.8073_n	−0.084
28	2.1159	1.9177_n	1.8802	1.0418_n	1.2328	−0.002							

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1904	$e_1 \sin \pi_1$	$e_1 \cos \pi_1$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	r
Juni 12	0.6696	1.2998	0.7502_n	0.6989	1.1836	1.8274	1.5404_n	1.5066_n	1.4399	+0.085
14	0.9827	1.1897	0.0596_n	0.9571	1.3516_n	1.8783_n	0.8619	1.3339_n	1.5020	−0.008
17	1.0202	1.4890	1.1721_n	0.7508_n	1.2778	1.5276	1.8346_n	8.5704	1.6295_n	−0.030
22	1.2415	1.5128	1.2665_n	0.4010_n	0.9664_n	1.1160_n	1.8785_n	1.5064	1.4540	−0.181

1904		$e_1 \sin \pi_1$	$e_1 \cos \pi_1$	$d\epsilon_1$	de_2	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Juni	23	1.0701	1.1878	0.5155_n	0.6143	0.9633_n	1.8855_n	0.1555_n	1.5610_n	1.3584_n	−0.025
	25	1.2212	1.2094	0.9039	0.9431	1.3259	1.8684	1.3372	1.6338_n	0.2248	−0.021
Juli	3	0.9599	1.5328	1.2346	0.9446	1.1628_n	1.3481_n	1.8719	1.1660_n	1.6117	+0.018
	11	1.1498	1.2165	0.7410_n	0.7764_n	1.4249_n	1.8900_n	1.0172_n	1.6157	1.1633	+0.010
	13	1.3077	1.2956	1.0727	0.9487_n	0.9848	1.8385	1.5718	1.6417	0.1469_n	+0.233
	14	0.6037	1.4809	1.1302_n	1.0040	1.2565	1.0828	1.7918_n	1.6277_n	1.0471	+0.091
	19	1.1564	1.5653	1.2936_n	0.9943_n	0.9487	9.9509	1.8961_n	1.2532	1.6043_n	+0.087
	20	1.1976	1.2400	0.8509_n	0.9699	1.3925_n	1.8865_n	1.2256_n	1.0946_n	1.6258	−0.001
	26	1.2723	1.5552	1.3060	9.6337_n	0.9814_n	1.2457	1.8864	1.4663	1.5192	−0.021
	31	1.3509	1.3822	1.1721	0.9827	1.2829	1.7930	1.6898	1.6427_n	0.7127	−0.057
Aug.	3	0.6960	1.3345	0.6581	1.0630_n	1.2994_n	1.8697_n	1.4451	1.5379	1.4422_n	+0.071
	12	0.7310	1.3313	0.5717	9.9544_n	1.5034_n	1.8770_n	1.3810	1.5019	1.4877	−0.138
	15	0.9317	1.5920	1.2915_n	0.7849	1.2555	1.3267	1.8812_n	1.6253_n	1.1165_n	−0.015
	16	1.3048	1.3394	1.0784_n	0.8774_n	1.4120_n	1.8481_n	1.5522_n	1.6400	0.8213	−0.238
	21	0.8698	1.3065	0.0081	1.0795	1.3261_n	1.8903_n	1.1299	1.5192_n	1.4643	+0.171
	23	1.1597	1.2844	0.7919	1.0458	1.1909	1.8897	1.1203	1.2579_n	1.6032	+0.025
	24	0.7810	1.5868	1.2745_n	1.0282_n	1.2139	1.4746	1.8620_n	1.1567	1.6189_n	−0.079
	28	0.3947	1.4059	0.8938_n	0.5151_n	1.4957	1.8404	1.5664_n	1.3138_n	1.5881_n	+0.068
Sept.	2	0.6388	1.5804	1.2596_n	0.7830_n	0.3668	1.5481	1.8431_n	1.6235	1.0767	−0.119
	4	0.1474	1.5181	1.1544	1.0362_n	1.3359_n	1.7233_n	1.7587	1.6191	1.1160_n	−0.021
	5	1.3559	1.5159	1.2847	1.0553	1.1380	1.6481	1.8058	1.6032_n	1.2304	−0.011
	7	1.2379	1.6038	1.3394_n	1.0823	9.6075	1.1514_n	1.8835_n	1.5475_n	1.4053	−0.001
	10	1.2385	1.3265	0.9760	1.0428_n	1.3921	1.8646	1.4052	1.1419	1.6136_n	−0.043
	11	0.4892	1.5730	1.2451_n	1.0051	0.8134	1.5923	1.8248_n	0.8739	1.6298	+0.047
	16	1.1925	1.6140	1.3421_n	0.1008_n	1.0701	0.9414_n	1.8836_n	1.4460_n	1.5155_n	−0.117
	17	1.0458	1.2990	0.5400_n	0.1809_n	1.5185_n	1.8855_n	0.5800_n	1.5388	1.4069	−0.107
	18	0.9335	1.6178	1.3202	0.6424	0.5363	1.1972_n	1.8760	1.5987_n	1.2148_n	−0.067
	21	1.3492	1.4727	1.2381_n	0.9446_n	1.3186_n	1.7274_n	1.7388_n	1.6305	0.3326_n	+0.123
	23	1.3183	1.5622	1.3155	1.0687_n	0.5738	1.5218	1.8365	1.5079	1.3276_n	+0.077
	25	1.1552	1.6178	1.3411_n	1.0888_n	0.2100	0.7373_n	1.8801_n	1.4465	1.5058_n	−0.054
	26	1.0987	1.3020	0.7067_n	1.0831	1.3643_n	1.8772_n	0.9857_n	1.3636_n	1.5519	+0.023
Okt.	1	9.6130	1.4524	1.0171	0.6120_n	0.9236_n	1.7938_n	1.6304	1.3131_n	1.5661_n	−0.083
	3	0.5091	1.3646	0.6839_n	0.4629	1.5086	1.8520	1.3852_n	1.5727_n	1.2836_n	+0.017
	4	1.0791	1.6201	1.3355_n	9.5982_n	0.9117_n	0.0551	1.8754_n	1.5139	1.4207	+0.330
	5	1.1269	1.3058	0.7879_n	0.4910	0.9624_n	1.8680_n	1.1260_n	1.5766_n	1.2622_n	+0.367
	6	0.7499	1.6059	1.2984	0.8039_n	1.2774_n	1.3642_n	1.8524	1.6163	0.8102	−0.065
	7	1.3062	1.4036	1.1424	0.7781	1.4136	1.7939	1.6163	1.6134_n	0.8891_n	−0.150
	9	1.3341	1.4974	1.2577_n	1.0210	0.7882_n	1.6762_n	1.7591_n	1.5924_n	1.1546	−0.135
	10	0.1772	1.3978	0.8595	1.0287_n	1.4033_n	1.8266_n	1.5073	1.5855	1.1955_n	+0.214

Normalgleichungen.

	$e_1 \sin \pi_1$	$e_1 \cos \pi_1$	$d\epsilon_1$	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n	Log Hom. fakt.
$e_1 \sin \pi_1$	25.144	−15.561	−4.013	+0.594	+2.195	−0.121	−0.296	−0.152	+0.271	+0.457	7.8152
$e_1 \cos \pi_1$		20.422	+1.612	−0.126	−2.491	−0.555	−2.113	−0.070	+0.025	−1.222	8.0414
de_1			23.276	−6.235	+0.731	+0.575	+5.173	+0.003	+0.220	−1.089	8.0882
$-de_2$				21.341	−1.851	+0.480	+0.036	−4.825	+3.176	+1.529	8.3409
$\frac{da}{a}$					11.765	+4.206	−0.744	−2.311	−1.703	−0.050	7.9016
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						22.449	−0.678	−5.433	−3.387	+0.270	8.1097
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							20.388	+0.674	+1.591	−1.309	8.1136
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								24.839	−0.999	+0.183	8.3573
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									17.709	−1.132	8.3702

Auflösung Rhea-Tethys 1904.

Korrektionen:

	Rhea	Tethys
$\log e \sin \pi$	6.4994$_n$	—
$\log e \cos \pi$	7.0591$_n$	—
$\log de$	6.0379$_n$	7.2650$_n$
$\log d(\gamma \sin \theta_e)$	5.5314	6.6850$_n$
$\log d(\gamma \cos \theta_e)$	6.9538$_n$	7.2250
$\log \frac{da}{a}$	6.0772$_n$	

Mittlere Epoche 1904.638.

	Rhea	w. F.	Tethys	w. F.
$e \sin \pi$	−0.00032	±0.00016	—	—
$e \cos \pi$	−0.00115	±0.00030	—	—
de	−0.″38	±0.″84	−6.″33	±1.″58
$d(\gamma \sin \theta_e)$	+0.12	±0.88	−1.66	±1.47
$d(\gamma \cos \theta_e)$	−3.09	±0.92	+5.77	±1.76

(nn)	1.741
$(vv)_x$	0.673
$(vv)_y$	0.652
(vv)	1.325

Epoche von π, θ 1905 Juli 1.0

$$\frac{da}{a} \begin{cases} -0.00012 \pm 0.00022 \\ +0.00200 \end{cases} = 0.00188 \pm 0.00022$$

Anzahl der Gl. 86
Summe der Gew. 86
w. F. einer Gl. ±0.″088

Korrigierte Elemente:

Sept. 0.0	l	173° 16.′2	±0.″8	224° 2.′5	±1.″6
	a	76.″313	±0.″015		
	e	0.00119			
	π	186°8			
Ep. 1904.638	Ω	168° 5.′02	±1.′89	165° 55.′86	±3.′36 [1]
	i	27 41.26	±0.88	28 5.39	±1.61

Die Beobachtungsreihe Rhea-Tethys 1904 wurde ein zweites Mal in x und y getrennt aufgelöst unter Einführung der Konstanten f und f' in die Bedingungsgleichungen. Dabei wurden die Koeffizienten de und $\frac{da}{a}$ in den Gleichungen für y vernachlässigt. Ich beschränke mich hier auf die Zusammenstellung der Zahlenwerte des Unbekannten:

Auflösung in x.

f	+0.″018	±0.″015
de_{Rh}	−0.″35	±0.″93
de_{Te}	−6.28	±1.77
$\frac{da}{a}$	+0.00195	±0.00025

Auflösung in y.

f'	−0.″030	±0.″014
$d(\gamma \sin \theta_e)_{Rh}$	−0.″20	±0.″87
$d(\gamma \cos \theta_e)_{Rh}$	−2.97	±0.89
$d(\gamma \sin \theta_e)_{Te}$	−0.36	±1.43
$d(\gamma \cos \theta_e)_{Te}$	+4.46	±1.74

Rhea-Tethys 1905 – 1906.

Beobachtung — Rechnung.

1905		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Juli	9	18^h 57^m 43^s	−78.″47	+34.″08	−112.″55	−112.″80	0.″25	+1.″00	−3.″01	+5.″60	+5.″24	−0.″36
	17	18 0 31	−23.34	−22.36	− 0.98	− 1.04	−0.06	−12.09	−6.06	− 6.03	− 6.14	−0.11
	18	17 53 16	−80.60	+28.43	−109.03	−109.05	−0.02	+ 0.79	+5.58	− 4.79	− 4.91	−0.12
	25	17 14 2	+75.78	−43.22	+119.00	+119.43	+0.43	− 4.32	+1.51	− 5.83	− 5.75	+0.08
	26	17 38 30	−18.23	+38.45	− 56.68	− 56.84	−0.16	−12.74	−3.11	− 9.63	− 9.91	−0.28
Aug.	1	18 56 4	−57.36	−13.75	− 43.61	− 43.77	−0.16	+ 0.15	−6.94	+16.09	+16.09	0.00
	3	17 48 15	+76.52	−22.95	+ 99.47	+ 99.84	+0.37	− 4.43	−6.53	+ 2.10	+ 2.18	+0.08
	5	18 5 13	−82.24	−37.08	− 45.16	− 45.29	−0.13	− 0.06	−4.83	+ 4.77	+ 4.72	−0.05
	19	17 6 7	−67.61	+13.18	− 80.79	− 80.80	−0.01	+ 7.81	+7.51	+ 0.30	+ 0.52	+0.22
	21	16 49 52	+80.33	+27.14	+ 53.19	+ 53.55	+0.36	− 2.93	+6.65	− 9.58	− 9.67	−0.09

[1] Die Größen Ω und i wurden mit den Zahlenwerten $d(\gamma \sin \theta_e)$ und $d(\gamma \cos \theta_e)$ der zweiten Auflösung gerechnet.

1905		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Aug.	23	$16^h\ 7^m14^s$	−81.66	+36.35	−118.01	−117.95	+0.06	− 2.77	+5.37	− 8.14	− 8.22	−0.08
	27	15 17 34	−49.97	+46.20	− 96.17	− 96.31	−0.14	−11.97	+0.97	−12.94	−13.21	−0.27
	31	15 32 34	+ 4.26	+33.58	− 29.32	− 29.17	+0.15	−14.78	−4.93	− 9.85	−10.21	−0.36
Sept.	6	15 58 33	−73.38	−16.80	− 56.58	− 56.63	−0.05	+ 6.40	−7.83	+14.23	+14.24	+0.01
	7	15 14 39	+20.39	+20.42	− 0.03	+ 0.35	+0.38	+14.75	+7.03	+ 7.12	+ 7.17	+0.05
	8	14 52 4	+82.20	−25.81	+108.01	+108.34	+0.33	− 0.26	−7.18	+ 6.92	+ 6.99	+0.07
	9	15 29 39	+ 7.63	+35.14	− 27.51	− 27.38	+0.13	−15.07	+5.80	−20.93	−21.10	−0.17
	14	15 39 2	−45.81	−44.30	− 1.51	− 1.51	0.00	−13.00	+1.39	−14.39	−14.48	−0.09
	15	15 31 0	−75.25	+41.66	−116.91	−116.90	+0.01	+ 5.62	−2.77	+ 8.39	+ 8.24	−0.15
	16	14 39 7	+14.40	−40.24	+ 54.64	+ 54.89	+0.25	+15.24	+3.30	+11.94	+12.09	+0.15
	18	16 2 54	+ 8.16	−22.10	+ 30.26	+ 30.51	+0.25	−15.34	+6.95	−22.29	−22.33	−0.04
	24	13 45 39	−78.43	+13.58	− 92.01	− 91.80	+0.21	+ 3.61	+8.28	− 4.67	− 4.69	−0.02
	25	14 24 36	+ 9.93	−24.92	+ 34.85	+ 35.19	+0.34	+15.52	−7.48	+23.00	+23.20	+0.20
	26	13 57 36	+80.80	+29.42	+ 51.38	+ 51.57	+0.19	+ 1.76	+0.94	− 5.18	− 5.07	+0.11
	27	13 53 17	+21.28	−35.02	+ 56.30	+ 56.30	0.00	−14.95	−5.97	− 8.98	− 9.26	−0.28
	28	14 8 21	−73.53	+40.43	−113.96	−113.91	+0.05	− 6.96	+4.48	−11.44	−11.55	−0.11
	30	13 49 58	+55.86	+44.74	+ 11.12	+ 11.21	+0.09	+11.63	+1.88	+ 9.75	+ 9.54	−0.21
Okt.	1	13 30 44	+68.03	−45.07	+113.10	+113.39	+0.29	− 8.01	−0.66	− 7.35	− 7.31	+0.04
	4	13 25 33	+ 1.92	+38.03	− 36.11	− 36.13	−0.02	+15.69	−3.90	+19.59	+19.63	+0.04
	5	13 6 41	+79.00	−34.16	+113.16	+113.55	+0.39	+ 3.18	+4.95	− 1.77	− 1.47	+0.30
	7	13 22 11	−69.55	−19.66	− 49.89	− 49.74	+0.15	− 8.17	+7.34	−15.51	−15.60	−0.09
	8	13 6 3	−52.18	+13.43	− 65.61	− 65.54	+0.07	+11.57	−7.92	+19.49	+19.21	−0.28
	14	12 36 54	+76.82	−30.21	+107.03	+107.32	+0.29	+ 4.27	−6.76	+11.03	+11.08	+0.05
	16	12 26 40	−64.53	−39.38	− 25.15	− 25.16	−0.01	− 9.41	−4.54	− 4.87	− 5.08	−0.21
	17	12 21 21	−56.55	+42.20	− 98.75	− 98.70	+0.05	+10.57	+3.21	+ 7.36	+ 7.29	−0.07
1906												
Juli	30	18 35 24	+77.05	−43.98	+121.03	+121.27	+0.24	+ 2.29	+0.50	+ 1.79	+ 1.87	+0.08
Aug.	15	17 30 15	−82.40	+46.45	−128.85	−128.96	−0.11	− 1.32	+0.55	− 1.87	− 2.08	−0.21
	18	16 39 36	+54.71	−42.17	+ 96.88	+ 97.21	+0.33	− 4.41	+1.32	− 5.73	− 5.67	+0.06
	22[1]	17 5 26	+82.32	−14.80	+ 97.12	+ 97.46	+0.34	− 0.55	+3.95	− 4.50	− 4.59	−0.09
Sept.	1	16 16 53	+ 8.40	+46.40	− 38.00	− 37.73	+0.27	− 6.07	+1.07	− 8.04	− 8.35	−0.31
	5	16 42 44	+59.50	+36.27	+ 23.23	+ 23.40	+0.17	− 4.74	−2.65	− 2.09	− 2.27	−0.18
	6	16 32 54	−46.70	−30.91	− 15.79	− 15.78	+0.01	− 6.37	+3.29	− 9.66	− 9.84	−0.18
	12	16 11 20	−40.17	+16.26	− 56.43	− 56.35	+0.08	+ 6.43	+4.83	+ 1.60	+ 1.58	−0.02
	18	16 6 25	+83 38	+46.39	+ 36.99	+ 37.12	+0.13	+ 0.60	+0.97	− 0.37	− 0.54	−0.17
	19	14 8 53	+24.70	−45.81	+ 70.51	+ 70.61	+0.10	− 7.45	−1.39	− 6.06	− 6.06	0.00
	21	15 1 55	−47.49	−44.26	− 3.23	− 3.11	+0.12	+ 6.30	+1.19	+ 5.11	+ 5.09	−0.02
	23	15 12 16	+67.89	−35.13	+103.02	+103.14	+0.12	− 4.27	+3.12	− 7.39	− 7.46	−0.07
Okt.	7	14 33 40	+28.65	+45.65	− 17.00	− 16.85	+0.15	− 7.88	−0.20	− 7.68	− 7.76	−0.08
	12	14 15 46	−24.30	−24.39	+ 0.09	+ 0.35	+0.26	− 8.47	+4.53	−13.00	−13.15	−0.15
	13	13 35 7	−81.32	+20.66	−101.98	−102.16	−0.18	+ 0.22	4.83	+ 5.05	+ 5.16	+0.11
	14	13 9 49	− 9.78	−15.23	+ 5.45	+ 5.72	+0.27	+ 8.63	+5.17	+ 3.46	+ 3.61	+0.15

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1905		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r	1905		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Juli	9	0.0000	1.2125	1.4640_n	2.0523_n	−0.114	Juli	26	0.0000	1.9012_n	1.3916_n	1.7547_n	−0.086
	17	0.0000	1.8895_n	1.5949_n	0.0156_n	−0.058	Aug.	1	0.0000	1.7683	1.6413_n	1.6411_n	−0.149
	18	0.0000	0.9181	1.5474	2.0370_n	−0.035		3	0.0000	1.4767_n	1.6000_n	1.0993	+0.155
	25	0.0000	1.4808_n	1.1037	2.0771	+0.055		5	0.0000	0.4196	1.4349_n	1.6560_n	−0.123

[1] Der Positionswinkel ist um 1° zu verkleinern. Statt 99°14 muß es heißen: 98°14.

1905		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	c	1905		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	c
Aug.	19	0.0000	1.6773	1.6464	1.9074_n	$-0''.126$	Okt.	7	0.0000	1.5973_n	1.6038	1.6967_n	$+0''.042$
	21	0.0000	1.2934_n	1.5731	1.7288	$+0.040$		8	0.0000	1.7815	1.6295_n	1.8165_n	$+0.114$
	23	0.0000	1.1105_n	1.4558_n	2.0717_n	$+0.093$		14	0.0000	1.2853	1.5105_n	2.0307	$+0.020$
	27	0.0000	1.8187_n	0.1324	1.0837_n	-0.059		16	0.0000	1.6588_n	1.3007_n	1.4008_n	-0.025
	31	0.0000	1.9165_n	1.5012_n	1.4650_n	$+0.194$		17	0.0000	1.7400	1.1070	1.0943_n	$+0.038$
Sept.	6	0.0000	1.5731	1.6325_n	1.7530_n	-0.010	1906						
	7	0.0000	1.9018	1.6155	9.5463	$+0.100$	Juli	30	0.0000	1.4429	1.1036	2.0838	-0.011
	8	0.0000	0.6109_n	1.5811_n	2.0348	$+0.075$	Aug.	15	0.0000	1.0362_n	9.6345	2.1105_n	-0.064
	9	0.0000	1.9134_n	1.4721	1.4375_n	$+0.026$		18	0.0000	1.7978_n	1.2943	1.9877	$+0.068$
	14	0.0000	1.8327_n	1.0707	0.1779_n	-0.120		22	0.0000	1.1331_n	1.0456	1.9888	$+0.042$
	15	0.0000	1.5098	1.2798_n	2.0678_n	$+0.113$	Sept.	1	0.0000	1.9205_n	0.7742	1.5767_n	$+0.183$
	16	0.0000	1.9061	1.3385	1.7395	-0.089		5	0.0000	1.7699_n	1.4706_n	1.3692	-0.086
	18	0.0000	1.9103_n	1.6018	1.4844	$+0.026$		6	0.0000	1.8417_n	1.5454	1.1982_n	-0.164
	24	0.0000	1.3266	1.6370	1.9629_n	$+0.131$		12	0.0000	1.8648	1.6415	1.7509_n	-0.026
	25	0.0000	1.9050	1.5791_n	1.5404	$+0.173$		18	0.0000	9.8427	0.6058	1.5696	-0.016
	26	0.0000	0.8248	1.5377	1.7121	-0.122		19	0.0000	1.9012_n	0.9295_n	1.8489	-0.083
	27	0.0000	1.8931_n	1.4582_n	1.7505	-0.124		21	0.0000	1.8348	1.1587	0.4924_n	$+0.010$
	28	0.0000	1.5283_n	1.3068	2.0566	$+0.105$		23	0.0000	1.6817_n	1.4836	2.0134	-0.174
	30	0.0000	1.7653	0.7743	1.0496	-0.115	Okt.	7	0.0000	1.8867_n	0.7070_n	1.2266_n	$+0.055$
Okt.	1	0.0000	1.6303_n	9.6893	2.0546	-0.035		12	0.0000	1.8923_n	1.5868	0.5448	$+0.061$
	4	0.0000	1.9046	1.3784_n	1.5570_n	-0.087		13	0.0000	0.8322	1.6095_n	2.0093_n	-0.081
	5	0.0000	1.1414	1.4033	2.0552	-0.037		14	0.0000	1.9080	1.6329	0.7577	$+0.102$

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 \ldots y_2$.

1905		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	c
Juli	9	0.0000	1.7185	1.7745	1.9230_n	1.1460_n	$-0''.166$
	17	0.0000	1.7432_n	1.7614	1.3225_n	1.3092	$+0.080$
	18	0.0000	1.6650	1.8150	1.1552	1.0273_n	-0.058
	25	0.0000	1.7067_n	1.7048_n	1.5512	1.4409	-0.016
	26	0.0000	1.7779_n	1.7330	1.6159_n	1.2573_n	$+0.011$
Aug.	1	0.0000	1.8024	1.3300	1.4455_n	1.5521	$+0.048$
	3	0.0000	1.7054_n	1.7135_n	1.2858_n	1.6128	$+0.137$
	5	0.0000	1.6177	1.8435	0.9777_n	1.6566	$+0.014$
	19	0.0000	1.8623	1.5666	1.4323	1.5634_n	$+0.178$
	21	0.0000	1.7364_n	1.7817_n	1.1203	1.6309_n	-0.096
	23	0.0000	1.4251	1.8861	0.7345	1.6580_n	$+0.062$
	27	0.0000	1.5330_n	1.8683	1.4300_n	1.5040_n	$+0.001$
	31	0.0000	1.8075_n	1.5339	1.0548_n	0.8070_n	-0.075
Sept.	6	0.0000	1.8195	1.6712	1.3459_n	1.5605	$+0.077$
	7	0.0000	1.7798	1.7324_n	1.2688	1.6154_n	-0.073
	8	0.0000	1.6113_n	1.8438_n	1.1045_n	1.6378	$+0.060$
	9	0.0000	1.8743_n	1.4840	0.5500	1.6549_n	$+0.006$
	14	0.0000	1.5881_n	1.8489	1.5681	1.4090	-0.040
	15	0.0000	1.7930	1.7086	1.6100_n	1.2773_n	$+0.015$
	16	0.0000	1.8051	1.6880_n	1.0229	1.2040	-0.073
	18	0.0000	1.8733_n	1.4072	1.0420	0.9695_n	-0.013
	24	0.0000	1.7281	1.7717	1.3583	1.5830_n	$+0.002$
	25	0.0000	1.8104	1.6487_n	1.0541_n	1.6342	$+0.104$
	26	0.0000	1.4781_n	1.8670_n	0.7589	1.0444_n	$+0.084$

1905		f'	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$d(\gamma \cos\theta_o)_2$	v
Sept.	27	0.0000	1.8911_n	1.2079	0.3517	1.6470	−0".180
	28	0.0000	0.4936	1.8993	1.0820_n	1.6303_n	+0.088
	30	0.0000	1.4183	1.8732_n	1.4066_n	1.5587_n	−0.211
Okt.	1	0.0000	1.8324_n	1.6060_n	1.4832	1.5066	−0.025
	4	0.0000	1.8414	1.5701_n	1.6297_n	1.0424_n	+0.077
	5	0.0000	1.3578_n	1.8765_n	1.6406	0.6695	+0.121
	7	0.0000	0.5961_n	1.8940	1.6207	1.1255_n	−0.055
	8	0.0000	1.8805	1.2780	1.5933_n	1.2904	−0.201
	14	0.0000	1.3299_n	1.8704_n	0.1804_n	1.6373	−0.028
	16	0.0000	1.0594_n	1.8840	1.1358	1.6134	−0.126
	17	0.0000	1.8633	1.4027	1.3158_n	1.5789_n	+0.012
1906							
Juli	30	0.0000	1.6126_n	1.8494_n	1.5132	1.5053_n	−0.031
Aug.	15	0.0000	1.7434	1.7899	1.6025_n	1.3672	−0.027
	18	0.0000	1.9148_n	1.0779	1.4123	1.5860_n	+0.107
	22	0.0000	1.8512_n	1.6369_n	1.0249_n	1.6558_n	−0.001
Sept.	1	0.0000	1.7849_n	1.7555	1.6233_n	1.3057	−0.026
	5	0.0000	1.9204_n	0.6878	1.1414_n	1.6484	−0.059
	6	0.0000	1.0348_n	1.9173	0.7954	1.6644_n	−0.023
	12	0.0000	1.8941	1.4461_n	1.5801_n	1.4283_n	+0.054
	18	0.0000	1.7878_n	1.7478_n	1.6063_n	1.3593	−0.047
	19	0.0000	1.8529_n	1.6290	1.6242	1.2899_n	+0.019
	21	0.0000	1.9066	1.2774_n	1.4386	1.5720_n	−0.145
	23	0.0000	1.9149_n	0.9902_n	1.0227	1.6536_n	−0.004
Okt.	7	0.0000	1.8620_n	1.5707	1.5150_n	1.5034	+0.155
	12	0.0000	1.5412_n	1.8660	0.7010_n	1.6545_n	+0.056
	13	0.0000	1.8065	1.6973	0.9690	1.6474	+0.103
	14	0.0000	1.7900	1.7207_n	1.1778_n	1.6307_n	+0.130

Normalgleichungen.

Rhea-Tethys 1905. x.

	f	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
f	35.000	−1.385	−0.648	−3.262	+4.660	—
de_1		14.711	−0.474	−1.224	+0.560	8.0795
$-de_2$			17.617	−1.199	+1.660	8.3536
$\frac{da}{a}$				12.449	−0.825	7.8895

Rhea-Tethys 1906. x.

	f	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
f	16.000	−3.889	+4.721	+1.515	+1.920	—
de_1		8.301	+0.353	−1.273	−0.409	8.0795
$-de_2$			6.529	+1.916	+0.834	8.3536
$\frac{da}{a}$				5.018	−0.207	7.8895

Rhea-Tethys 1905 1906. y.

	f'	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$	n	Log Hom. fakt
f'	51.000	−3.046	+6.148	−3.043	−4.897	−2.980	
$d(\gamma \sin\theta_o)_1$		25.104	+1.369	−3.154	−1.814	+0.901	8.0730
$d(\gamma \cos\theta_o)_1$			21.760	−2.590	−1.666	−2.700	8.0758
$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$				18.063	−2.765	+2.760	8.3245
$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$					28.474	+0.343	8.3258

Auflösung Rhea-Tethys 1905. *x.*

Mittlere Epoche 1905.683.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f$ 9.1322	f	+0".136	±0".012			$(nn)_x$ 1.179
$\log d\epsilon_{Rh}$ 0.8011	$d\epsilon$	+2!17	+0!76	−7!77	+1!30	
$\log d\epsilon_{Te}$ 7.3539$_n$						$(vv)_x$ 0.338
$\log \frac{da}{a}$ 6.9020$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00012 ± 0.00016		= +0.00188 ± 0.00016		Anzahl der Gl. 35
		+0.00200				Summe der Gew. 35

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0".070

$e \sin(\pi - U)$	−0.00111	±0.00010			
U	205°8				
a	76".313	±0".012			
1905 Sept. 0.0 l	100° 11!7	±0!8	348°	35!7	±1!3

Auflösung Rhea-Tethys 1906. *x.*

Mittlere Epoche 1906.700.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f$ 8.9901	f	+0".098	±0".018			$(nn)_x$ 0.437
$\log d\epsilon_{Rh}$ 6.4681$_n$	$d\epsilon$	−1!01	±1!11	−7!09	±2!57	
$\log d\epsilon_{Te}$ 7.3141$_n$						$(vv)_x$ 0.140
$\log \frac{da}{a}$ 6.9386$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00087 ± 0.00028		= +0.00113 ± 0.00028		Anzahl der Gl. 16
		+0.00200				Summe der Gew. 16

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0".073

$e \sin(\pi - U)$	−0.00079	±0.00014			
U	217°3				
a	76".256	±0".021			
1906 Sept. 0.0 l	27° 1!4	±1!1	113°	11!5	±2!6

Auflösung Rhea-Tethys 1905—1906. *y.*

Mittlere Epoche 1906.002.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f'$ 8.5123$_n$	f'	−0".033	±0".009			$(nn)_y$ 1.344
$\log d(\gamma \sin\theta_e)_{Rh}$ 6.8290						
$\log d(\gamma \sin\theta_e)_{Te}$ 7.0746$_n$	$d(\gamma \sin\theta_e)$	+2!32	±0!53	−10!58	±1!15	$(vv)_y$ 0.418
$\log d(\gamma \cos\theta_e)_{Te}$ 7.4882$_n$	$d(\gamma \cos\theta_e)$	−4.08	±0.58	− 1.34	±0.90	Anzahl der Gl. 51
$\log d(\gamma \cos\theta_e)_{Te}$ 6.5909$_n$	Epoche von θ 1905 Juli 1.0					Summe der Gew. 51

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0".064

Ep. 1906.000	Ω	168° 22!64	±1!20	168° 39!90	±2!20
	i	27 42.35	±0.56	26 51.65	±1.02

Die Auflösung der Normalgleichungen Rhea-Tethys *x.* vereinigt für die Jahre 1905 und 1906, ergab folgende Elementenkorrektionen:

f	+0".124	±0".010
$d\epsilon_{Rh}$	+1!25	±0!64
$d\epsilon_{Te}$	−6!48	±1!15
$\frac{da}{a}$	−0.00035 ± 0.00014	
	+0.00200	

Rhea-Tethys 1907—1908.

Beobachtung — Rechnung.

1907		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Aug.	4	$18^h28^m49^s$	+33.″02	−45.″88	+ 78.″90	+ 79.″17	+0.″27	− 2.″25	+ 0.″59	− 2.″84	− 2.″71	+0.″13
	7	18 16 43	−81.66	+38.88	−120.54	−120.71	−0.17	− 0.12	+ 0.01	− 0.11	− 0.15	−0.04
	18	18 14 40	+71.67	+40.55	+ 31.12	+ 31.27	+0.15	− 0.69	− 0.94	+ 0.25	+ 0.20	−0.05
	20	16 32 33	−45.60	+43.44	− 89.04	− 89.02	+0.02	+ 1.48	− 0.87	+ 2.35	+ 2.18	−0.17
	25	16 58 14	−80.37	−38.21	− 42.16	− 42.02	+0.14	+ 0.07	+ 0.21	− 0.14	− 0.07	+0.07
	26	16 46 19	−39.07	+33.42	− 72.49	− 72.49	0.00	− 1.81	− 0.08	− 1.73	− 1.69	+0.04
Sept.	5	16 21 43	+63.24	−40.51	+103.75	+104.09	+0.34	− 0.49	+ 0.74	− 1.23	− 1.03	+0.20
	6	15 40 14	+68.52	+42.59	+ 25.93	+ 26.12	+0.19	+ 1.12	− 0.74	+ 1.86	+ 1.71	−0.15
	7	16 9 53	−38.82	−46.42	+ 7.60	+ 7.66	+0.06	+ 0.83	+ 0.72	+ 0.11	+ 0.13	+0.02
	8	16 30 12	−80.38	+47.27	−127.65	−127.67	−0.02	− 0.81	− 0.69	− 0.12	− 0.14	−0.02
	12	16 25 6	−77.95	+33.61	−111.56	−111.66	−0.10	− 0.09	− 0.43	+ 0.34	+ 0.34	0.00
	13	15 33 37	−49.98	−31.22	− 18.76	− 18.61	+0.15	− 0.99	+ 0.41	− 1.40	− 1.39	+0.01
	14	15 55 9	+59.66	+21.98	+ 37.68	+ 37.61	−0.07	− 0.23	− 0.30	+ 0.07	+ 0.01	−0.06
	20	16 0 45	+23.88	−28.98	+ 52.86	+ 52.94	+0.08	+ 0.60	+ 0.32	+ 0.28	+ 0.34	+0.06
	26	15 42 41	−83.02	−46.61	− 36.41	− 36.31	+0.10	− 0.51	+ 0.75	− 1.26	− 1.15	+0.11
	29	14 47 54	+32.47	+38.75	− 6.28	− 6.33	−0.05	+ 0.20	− 0.81	+ 1.01	+ 0.78	−0.23
	30	14 55 10	−71.33	−32.42	− 38.91	− 38.76	+0.15	− 0.43	+ 0.80	− 1.23	− 1.24	−0.01
Okt.	1	15 20 46	−55.66	+23.03	− 78.69	− 78.75	−0.06	− 0.26	− 0.74	+ 0.48	+ 0.62	+0.14
	2	14 23 41	+48.82	−20.67	+ 69.49	+ 69.72	+0.23	+ 0.39	+ 0.74	− 0.35	− 0.20	+0.15
	9	15 25 34	−70.52	−39.65	− 30.87	− 30.91	−0.04	− 0.67	+ 0.26	− 0.93	− 0.92	+0.01
	10	14 47 49	−59.68	+41.94	−101.62	−101.61	+0.01	+ 0.01	− 0.36	+ 0.37	+ 0.16	−0.21
	15	13 52 31	−13.98	−43.99	+ 30.01	+ 30.22	+0.21	+ 0.62	+ 0.95	− 0.33	− 0.27	+0.06
	16	14 35 51	+79.67	+37.68	+ 41.99	+ 42.19	+0.20	+ 0.69	− 1.05	+ 1.74	+ 1.78	+0.04
	19	12 41 44	−67.87	−27.79	− 40.08	− 40.03	+0.05	+ 0.10	+ 1.11	− 1.01	− 1.00	+0.01
	30	12 50 13	+80.10	−45.57	+125.67	+125.80	+0.13	+ 0.20	+ 0.60	− 0.40	− 0.48	−0.08
Nov.	16	11 51 32	+20.63	−43.70	+ 64.33	+ 64.38	+0.05	+ 1.49	+ 0.48	+ 1.01	+ 1.27	+0.26
1908												
Aug.	29	17 21 22	−39.51	−42.86	+ 3.35	+ 3.50	+0.15	+ 8.92	− 2.19	+11.11	+11.07	−0.04
	30	17 5 30	−80.92	+39.46	−120.38	−120.38	0.00	− 3.31	+ 3.09	− 6.40	− 6.28	+0.12
	31	17 10 41	+10.00	−33.55	+ 43.55	+ 43.88	+0.33	−10.11	− 4.18	− 5.93	− 6.08	−0.15
Sept.	1	17 47 18	+84.66	+23.37	+ 61.29	+ 61.41	+0.12	+ 0.11	+ 5.38	− 5.27	− 5.19	+0.08
	3	16 39 38	−76.47	+13.89	− 90.36	− 90.51	−0.15	+ 4.05	+ 6.03	− 1.98	− 1.94	+0.04
	6	17 13 56	+69.30	+16.10	+ 53.20	+ 53.44	+0.24	+ 6.11	− 6.27	+12.38	+12.51	+0.13
	8	16 35 57	−83.04	+28.17	−111.21	−111.15	+0.06	− 2.57	− 5.53	+ 2.96	+ 2.98	+0.02
	9	14 27 36	− 6.69	−23.86	+ 17.17	+ 17.01	−0.16	− 9.80	+ 5.83	−15.72	−15.61	+0.11
	12	16 6 19	−74.15	+46.21	−120.36	−120.31	+0.05	+ 4.53	− 2.18	+ 6.71	+ 6.81	+0.10
	23	16 11 32	+52.63	+12.00	+ 40.63	+ 40.88	+0.25	− 7.06	− 5.99	− 1.07	− 1.07	0.00
	25	15 22 48	−21.74	+23.68	− 45.42	− 45.19	+0.23	+ 8.73	− 5.49	+14.22	+14.21	−0.01
	29	16 9 48	+34.52	+47.10	− 12.58	− 12.56	+0.02	+ 8.32	− 1.71	+10.03	+10.12	+0.09
	30	14 57 29	−67.73	−47.28	− 20.45	− 20.47	−0.02	+ 5.16	+ 1.58	+ 3.58	+ 3.49	−0.09
Okt.	3	15 12 43	+79.50	+43.73	+ 35.77	+ 35.80	+0.03	+ 3.64	+ 1.85	+ 1.79	+ 1.80	+0.01
	4	14 44 15	−15.45	−40.97	+ 25.52	+ 25.84	+0.32	+ 8.45	− 2.49	+10.94	+10.80	−0.14
	5	14 51 1	−85.82	+35.08	−120.90	−120.88	+0.02	− 0.46	+ 3.47	− 3.93	− 3.84	+0.09

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1907		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r	1907		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r
Aug.	4	0.0000	1.8759	0.1716	1.8986	+0.″065	Aug.	20	0.0000	1.8458_n	1.2370	1.9495_n	+0.″017
	7	0.0000	1.0468_n	1.3932_n	2.0818_n	−0.067		25	0.0000	1.3852_n	1.4354	1.6235_n	+0.045
	18	0.0000	1.6304	1.3631	1.4951	−0.031		20	0.0000	1.8714	1.5190_n	1.8603_n	+0.041

1907		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r	1907		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r
Sept.	5	0.0000	1.7486	1.3862$_n$	2.0174	+0^s.162	Nov.	16	0.0000	1.8888	0.9968$_n$	1.8087	−0^s.115
	6	0.0000	1.6955$_n$	1.3121	1.4171	+0.039	1908						
	7	0.0000	1.8762$_n$	0.9564$_n$	0.8842	−0.002	Aug.	29	0.0000	1.8730$_n$	1.2956	0.5436	−0.016
	8	0.0000	1.4216	0.3018$_n$	2.1061$_n$	+0.045		30	0.0000	1.3868	1.4151$_n$	2.0805$_n$	+0.067
	12	0.0000	1.5212$_n$	1.5235$_n$	2.0479$_n$	+0.012		31	0.0000	1.9242	1.5230	1.6423	+0.094
	13	0.0000	1.8348	1.5515	1.2697$_n$	−0.002	Sept.	1	0.0000	0.3275	1.6148$_n$	1.7882	+0.106
	14	0.0000	1.7790	1.6230$_n$	1.5753	−0.128		3	0.0000	1.5657$_n$	1.6567$_n$	1.9567$_n$	−0.045
	20	0.0000	1.9103$_n$	1.5739$_n$	1.7238	+0.024		6	0.0000	1.6933$_n$	1.6507	1.7278	−0.039
	26	0.0000	1.2153	0.9104	1.5601$_n$	+0.030		8	0.0000	1.2775	1.5843	2.0459$_n$	−0.080
	29	0.0000	1.8026$_n$	1.4325$_n$	0.8016$_n$	−0.066		9	0.0000	1.9292	1.6156$_n$	1.2308	−0.139
	30	0.0000	1.6562$_n$	1.5360	1.5884$_n$	+0.047		12	0.0000	1.6276$_n$	1.0860	2.0803$_n$	0.000
Okt.	1	0.0000	1.8027	1.6153$_n$	1.8962$_n$	+0.015		23	0.0000	1.8309	1.6660	1.6115	−0.020
	2	0.0000	1.8378	1.6275	1.8434	−0.043		25	0.0000	1.9195$_n$	1.6205	1.6550$_n$	+0.035
	9	0.0000	1.6602$_n$	1.4018$_n$	1.4901$_n$	−0.036		29	0.0000	1.8958$_n$	0.9671	1.0989$_n$	−0.094
	10	0.0000	1.7712	1.3243	2.0069$_n$	−0.018		30	0.0000	1.7227$_n$	0.9187$_n$	1.3112$_n$	−0.079
	15	0.0000	1.9159	1.1983	1.4803	+0.034	Okt.	3	0.0000	1.5108$_n$	1.2969$_n$	1.5538	−0.032
	16	0.0000	1.3995	1.4410$_n$	1.6252	+0.113		4	0.0000	1.9267$_n$	1.3976	1.4122	+0.127
	19	0.0000	1.6837	1.5724	1.6024$_n$	−0.078		5	0.0000	0.8744	1.5152$_n$	2.0824$_n$	+0.107
	30	0.0000	1.2665$_n$	0.7688$_n$	2.0997	−0.093							

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1907		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	r
Aug.	4	0.0000	0.7888$_n$	1.9127$_n$	1.2883$_n$	1.6186$_n$	−0^s.001
	7	0.0000	1.8048	1.5763	1.5820	1.4092	−0.003
	18	0.0000	1.7240$_n$	1.8083$_n$	0.5420$_n$	1.6675	+0.018
	20	0.0000	1.2840	1.9104	0.5113	1.6685	−0.032
	25	0.0000	1.8281	1.7004	1.9168$_n$	1.3449$_n$	+0.056
	26	0.0000	1.7928	1.7528$_n$	1.6481	1.1805	−0.006
Sept.	5	0.0000	1.6005$_n$	1.8721$_n$	0.4121	1.6738$_n$	+0.059
	6	0.0000	1.9109$_n$	1.3504	0.2717	1.6742	−0.022
	7	0.0000	1.0092	1.9242	1.1431$_n$	1.6551$_n$	−0.022
	8	0.0000	1.9270	0.5148	1.3827	1.6094	+0.030
	12	0.0000	1.7874	1.7071	1.6575	1.1263	+0.023
	13	0.0000	1.8503	1.6664$_n$	1.6053$_n$	1.0044$_n$	−0.039
	14	0.0000	1.5305$_n$	1.8882$_n$	1.6755	0.0738$_n$	−0.130
	20	0.0000	1.7103$_n$	1.8290	1.2575	1.6414$_n$	+0.011
	26	0.0000	1.9209	1.1672	1.4877$_n$	1.5559$_n$	+0.035
	29	0.0000	1.7681$_n$	1.7850	1.6352	1.2848	−0.103
	30	0.0000	1.6987	1.8335	1.6644$_n$	0.0987$_n$	+0.019
Okt.	1	0.0000	1.8750	1.5890$_n$	1.6739	0.2382$_n$	+0.065
	2	0.0000	1.3079$_n$	1.9133$_n$	1.6710$_n$	0.6488	+0.132
	9	0.0000	1.6860	1.8360	8.9808	1.6720$_n$	−0.062
	10	0.0000	1.8881	1.5150$_n$	0.6740	1.6694	−0.158
	15	0.0000	1.6402	1.8520$_n$	1.5718$_n$	1.4497$_n$	−0.040
	16	0.0000	1.8099$_n$	1.7242$_n$	1.6412	1.2120	+0.031
	19	0.0000	1.9084	1.2871$_n$	1.0675$_n$	0.3620$_n$	−0.007
	30	0.0000	1.9093$_n$	1.1195$_n$	1.3353$_n$	1.6078$_n$	−0.146
Nov.	16	0.0000	1.0087	1.9002$_n$	1.2864$_n$	1.6667$_n$	+0.127
1908							
Aug.	29	0.0000	1.6107	1.8643	1.5093$_n$	1.5300	+0.059
	30	0.0000	1.9016	1.4134$_n$	1.4278	1.5853$_n$	−0.005

1908		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma\cos\theta_0)_1$	$d(\gamma\sin\theta_0)_2$	$d(\gamma\cos\theta_0)_2$	r
Aug.	31	0.0000	1.0674_n	1.9196_n	1.2677_n	1.6346	−0.″004
Sept.	1	0.0000	1.9244_n	0.5642_n	0.7877	1.6683_n	+0.006
	3	0.0000	1.8842	1.5442	0.6412_n	1.6710_n	−0.057
	6	0.0000	1.8319_n	1.7066	1.5039	1.5411	+0.202
	8	0.0000	1.9144	1.3047_n	1.6001	1.3824	+0.003
	9	0.0000	0.7252	1.9264_n	1.5786_n	1.4523_n	+0.042
	12	0.0000	1.8704	1.6138	1.6705	0.8694_n	+0.054
	23	0.0000	1.7218_n	1.8261_n	1.4820	1.5654	+0.029
	25	0.0000	1.3418	1.9103	1.5911	1.4384	+0.041
	29	0.0000	1.5344_n	1.8034	1.6643	1.0822_n	+0.076
	30	0.0000	1.8284	1.7199	1.6617_n	1.1187	−0.037
Okt.	3	0.0000	1.8984_n	1.5062	1.4807	1.5675_n	−0.046
	4	0.0000	1.1796	1.9245	1.4051_n	1.6063	−0.017
	5	0.0000	1.9312	0.6502_n	1.2210	1.6560_n	−0.027

Normalgleichungen:

Rhea-Tethys 1907. x.

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom fakt.
f	26.000	+3.741	−1.322	−1.890	+2.520	—
$d\epsilon_1$		12.324	+1.220	+1.176	+0.537	8.0795
$-d\epsilon_2$			9.695	+0.184	+0.743	8.3536
$\frac{da}{a}$				7.887	−0.967	7.8895

Rhea-Tethys 1908. x.

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom fakt.
f	16.000	−3.021	+1.265	−2.789	+2.210	—
$d\epsilon_1$		7.939	−1.444	+1.016	−0.678	8.0795
$-d\epsilon_2$			8.869	+1.078	+1.166	8.3536
$\frac{da}{a}$				4.762	−0.913	7.8895

Rhea-Tethys 1907–1908. y.

	f'	$d(\gamma\sin\theta_0)_1$	$d(\gamma\cos\theta_0)_1$	$-d(\gamma\sin\theta_0)_2$	$d(\gamma\cos\theta_0)_2$	n	Log Hom fakt
f'	42.000	+7.640	+0.890	+2.980	−2.190	+0.570	
$d(\gamma\sin\theta_0)_1$		21.320	+2.330	−2.400	−0.740	+0.370	8.0730
$d(\gamma\cos\theta_0)_1$			20.600	+2.380	+1.450	−1.120	8.0758
$-d(\gamma\sin\theta_0)_2$				20.420	+4.010	−0.080	8.3245
$-d(\gamma\cos\theta_0)_2$					21.180	−2.110	8.3258

Auflösung Rhea-Tethys 1907. x.

Mittlere Epoche 1907.718.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Tethys	w. F.	
log f 8.9606	f	+0.″091	±0.″009			$(nn)_x$ 0.521
log $d\epsilon_{Rh}$ 6.3113	$d\epsilon$	+0.″70	±0.″58	−6.″91	+1.″23	$(vv)_x$ 0.114
log $d\epsilon_{Te}$ 7.3031$_n$						Anzahl der Gl. 26
log $\frac{da}{a}$ 6.9123$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00082 ± 0.00014 = +0.00118 ± 0.00014				Anzahl der Gew. 26
		+0.00200				w. F. einer Gl. ±0.″049

Korrigierte Elemente:

		Rhea	w. F.	Tethys	w. F.
	a	76″260	±0″011		
	$e\sin(\pi - U)$	−0.00072	±0.00007		
	U	228°8			
Sept. 0.0	l	313°56′0	±0′6	237°47′4	±1′2

Auflösung Rhea-Tethys 1908. x.

Mittlere Epoche 1908.707.

Korrektionen:

log f	8.9935	f	+0″099	±0″015		$(nn)_x$	0.628
log de_{kh}	4.5131	de	+0′01	±0′94	−10′67	±1′63	
log de_{T_r}	7.4917$_n$					$(vv)_x$	0.100
log $\frac{da}{a}$	7.1074$_n$	da	−0.00128 ± 0.00024	= +0.00072 ± 0.00024		Anzahl der Gl.	16
		a	+0.00200			Anzahl der Gew.	16

Korrigierte Elemente:

	a	76″225	±0″018	w. F. einer Gl. ±0″062
	$e\sin(\pi - U)$	−0.00077	±0.00012	
	U	241°1		
Sept. 0.0	l	320° 29′6	±0′9	193° 1′8 ±1′6

Auflösung Rhea-Tethys 1907 1908. y.

Mittlere Epoche 1908.095.

Korrektionen:

log f'	7.6072	f'	+0″004	±0″008		$(nn)_y$	0.497
log $d(\gamma\sin\theta_0)_{kh}$	6.3967						
log $d(\gamma\cos\theta_0)_{Kh}$	6.7969$_n$	$d(\gamma\sin\theta_0)$	+0′86	±0′48	−1′72	±0′87	$(vv)_y$ 0.221
log $d(\gamma\sin\theta_0)_{Tr}$	6.6986$_n$	$d(\gamma\cos\theta_0)$	−2.15	±0.48	+7.23	±0.85	Anzahl der Gl. 42
log $d(\gamma\cos\theta_0)_{Tr}$	7.3225	Epoche für θ 1905 Juli 1.0					Summe der Gew. 42

Korrigierte Elemente:

Ep. 1908.095	Ω	168° 34′63	±1′03	169° 2′33	±1′77	w. F. einer Gl. ±0″052
	i	27 44.85	±0.48	29 3.88	±0.86	

Die Auflösung der Normalgleichungen Rhea-Tethys in x. vereinigt für die Jahre 1907 und 1908, ergab folgende Elementarkorrektionen:

f	+0″099	±0″008
de_{Kh}	+0′16	±0′49
de_{T_r}	−8.70	±0.96
da	−0.00096	± 0.00012
a	+0.00200	

Rhea-Dione 1903.

Beobachtung — Rechnung.

1903		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O - C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O - C$ n
Mai	28	20^{h}12^{m}21^s	−76″65	+37″28	−113″93	−114″47	−0″54	− 1″31	+12″27	−13″58	−13″87	−0″29
Juni	15	20 27 38	−78.16	−53.49	− 24.67	− 24.52	+0.15	− 3.12	− 5.40	+ 2.28	+ 2.29	+0.01
	21	19 7 5	+23.22	−40.66	+ 63.88	+ 63.77	−0.11	+23.13	+12.21	+10.92	+10.97	+0.05
	30	18 10 28	+16.05	+46.03	− 29.98	− 29.96	+0.02	+24.16	+10.69	+13.47	+13.67	+0.20
Juli	6	17 58 32	+62.17	+49.14	+ 13.03	+ 13.14	+0.11	−15.03	− 9.54	− 6.09	− 5.99	+0.10
	9	20 16 21	+22.63	+11.16	+ 11.47	+ 11.64	+0.17	+24.16	−17.95	+42.11	+42.05	−0.06
	15	17 5 4	+66.88	−37.95	+104.83	+104.98	+0.15	−14.09	−13.95	− 0.14	− 0.10	+0.04
	20	15 54 8	+28.90	+26.78	+ 2.12	+ 2.18	+0.06	−23.87	−16.58	− 7.29	− 7.26	+0.03

1903		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Juli	21	$16^h\ 0^m38^s$	−69.″67	−55.″99	− 13.″68	− 13.″86	−0.″18	−13.″35	+ 4.″78	−18.″13	−18.″26	−0.″13
	22	16 57 51	−49.71	+51.29	−101.00	−101.21	−0.21	+20.15	+ 8.81	+11.34	+11.56	+0.22
	23	15 32 43	+49.03	− 5.44	+ 54.47	+ 54.87	+0.40	+20.68	−18.69	+39.37	+39.52	+0.15
	24	16 28 9	+70.23	−35.43	+105.66	+105.50	−0.16	−12.70	+14.83	−27.53	−27.71	−0.18
	27	16 46 4	+ 0.46	− 1.11	+ 1.57	+ 1.44	−0.13	+25.93	+18.84	+ 7.09	+ 7.07	−0.02
	28	18 1 15	+80.74	+39.63	+ 41.11	+ 41.32	+0.21	+ 2.85	−13.88	+16.73	+16.78	+0.05
	30	18 25 42	−73.63	+39.54	−113.17	−113.49	−0.32	−11.20	+13.90	−25.10	−25.14	−0.04
Aug.	9	15 56 7	−57.80	−57.69	− 0.11	− 0.06	+0.05	+18.30	− 1.70	+20.00	+19.92	−0.08
	17	16 19 26	−65.17	−49.90	− 15.27	− 15.30	−0.03	−15.93	− 9.71	− 6.22	− 6.22	0.00
	20	15 38 43	+75.28	−57.57	+132.85	+133.27	+0.42	− 9.25	+ 0.32	− 9.57	− 9.42	+0.15
	21	15 19 3	−13.29	+37.89	− 51.18	− 51.42	−0.24	−20.32	+14.59	−40.91	−41.01	−0.10
	22	15 56 24	−80.40	+ 4.32	− 84.72	− 84.73	−0.01	+ 0.38	−19.34	+19.72	+19.78	+0.06
	23	15 44 12	−13.39	−46.24	+ 32.85	+ 32.72	−0.13	+26.23	+11.47	+14.76	+14.89	+0.13
Sept.	2	13 23 27	+69.01	+10.64	+ 58.37	+ 58.61	+0.24	+13.51	−19.10	+32.61	+32.77	+0.16
	3	13 15 33	+51.80	−49.09	+100.89	+100.80	−0.09	−20.11	+ 0.76	−29.87	−29.81	+0.06
	4	13 45 59	−51.95	+54.98	−106.93	−106.91	+0.02	−20.35	+ 5.08	−25.43	−25.40	+0.03
	10	13 30 34	−29.07	+34.34	− 63.41	− 63.29	+0.12	+24.05	−15.42	+40.07	+40.07	0.00
	11	13 14 55	+66.27	−56.28	+122.55	+122.74	+0.19	+14.59	+ 0.93	+13.66	+13.65	−0.01
	12	13 20 17	+53.42	+39.97	+ 13.45	+ 13.40	−0.05	−19.38	+13.63	−33.01	−32.78	+0.23
	20	12 56 37	+62.77	+14.92	+ 47.85	+ 47.70	−0.15	+15.81	+18.49	− 2.68	− 2.46	+0.22

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen $x_1 - x_2$.

1903		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Mai	28	1.8814	1.6644_n	0.5497_n	1.6066	2.0587_n	−0.″217
Juni	15	1.7582	1.4547_n	0.9763_n	1.2447_n	1.3896_n	+0.150
	21	1.9442	1.0943	1.8796	1.5964	1.8046	−0.082
	30	1.8591	1.5988_n	1.8943	1.5342	1.4765_n	+0.170
Juli	6	1.8842	1.1667	1.7083_n	1.4811_n	1.1186	+0.022
	9	2.0566	0.6942_n	1.8885	1.7538_n	1.0658	−0.049
	15	1.9379	1.5988_n	1.6583_n	1.6408_n	2.0211	−0.076
	20	2.0251	1.0834	1.8794_n	1.7127_n	0.3380	−0.068
	21	1.7989	0.8815	1.6177_n	1.1720	1.1417_n	−0.084
	22	1.8328	1.4977_n	1.8063	1.4368	2.0052_n	+0.012
	23	2.0593	1.2360_n	1.8100	1.7626_n	1.7394	+0.134
	24	1.9851	1.2674	1.6088_n	1.6617	2.0233	−0.110
	27	2.0626	0.9782_n	1.9092	1.7636	0.1575	+0.054
	28	1.9625	1.3222	0.9099	1.6302_n	1.6162	+0.016
	30	1.9377	1.5601_n	1.5332_n	1.6295	2.0550_n	+0.021
Aug.	9	1.7634	0.9243_n	1.7538	0.7120_n	8.7498_n	+0.022
	17	1.8540	1.4409_n	1.6780_n	1.4633_n	1.1848_n	−0.060
	20	1.7604	9.7676_n	1.4573_n	9.9806	2.1247	+0.276
	21	1.9526	1.4875_n	1.8999_n	1.6378	1.7111_n	+0.044
	22	2.0611	0.2637	0.2695	1.7598_n	1.9281_n	−0.065
	23	1.8928	1.4142	1.8988	1.5322	1.5149	−0.089
Sept.	2	2.0500	1.0455	1.5989	1.7491_n	1.7680	−0.027
	3	1.8518	1.4039	1.7811_n	1.4572	2.0035	−0.092
	4	1.7855	1.1376_n	1.7793_n	1.1733	2.0290_n	+0.254
	10	1.9625	1.4706	1.8652	1.6534_n	1.8014_n	+0.018
	11	1.7510	0.6248	1.6298	0.4326	2.0890	+0.031
	12	1.9102	1.4106_n	1.7621_n	1.5992	1.1269	+0.123
	20	2.0323	1.0167_n	1.6630	1.7296	1.6785	−0.024

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1903		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1 - d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	$\frac{da}{a}$	r
Mai	28	0.3949_n	1.4085	1.3666	1.0535_n	0.6063	1.8033	1.5732	1.5041_n	1.1421_n	−0".242
Juni	15	0.1553	1.5223	1.3806	1.2159	0.1645_n	1.8740	1.1532_n	1.7131	0.3598	+0.099
	21	1.1295	1.3891	0.8561_n	1.0995	1.8422	1.4041_n	1.5070	1.5030	1.0403	+0.066
	30	0.5673_n	1.4839	0.7004_n	1.1580_n	1.8615	1.3473_n	1.4750	1.0584_n	1.1358	+0.103
Juli	6	1.1017	1.4747	1.2919_n	1.1898_n	1.7207_n	1.7350_n	1.4086_n	1.0544_n	0.7772_n	+0.025
	9	0.7834	1.2626	0.8548_n	0.5480_n	1.8523	1.4459_n	1.7353_n	0.8665_n	1.0238	−0.150
	15	0.7637_n	1.4368	1.3292_n	1.0831	1.6848_n	1.7744_n	1.5010_n	1.5858	9.0163_n	+0.006
	20	1.0042	1.3357	0.9679_n	0.9347_n	1.8675_n	1.3317_n	1.7025_n	1.3450_n	0.8610_n	+0.013
	21	0.9289	1.5484	1.3506	1.2557	1.5294_n	1.8383	1.2420	1.7159	1.2014_n	−0.021
	22	0.6262_n	1.5309	1.2048	1.2183_n	1.8073	1.6242	1.3552	1.7002_n	1.0630	+0.186
	23	9.2931	1.2791	1.1095_n	0.2445	1.7579	1.7083_n	1.7351_n	0.9413	1.5968	+0.052
	24	1.0639	1.3928	1.3561_n	1.0589	1.6385_n	1.8011_n	1.6584	1.4855	1.4427_n	−0.200
	27	0.3188	1.2728	9.1745_n	9.5565	1.8836	0.7939	1.7390	0.4153_n	0.8491	−0.064
	28	1.0742	1.4276	1.4193_n	1.1102_n	0.2981	1.8849_n	1.0310_n	1.5404_n	1.2248	−0.073
	30	0.8522_n	1.4537	1.3806	1.1105_n	1.4334_n	1.8560	1.5762	1.6020_n	1.4004_n	+0.015
Aug.	9	9.6512	1.5820	1.2814	1.2806	1.7556	1.7070	0.0274_n	1.7375	1.2993	−0.040
	17	0.8587_n	1.5313	1.3381	1.2222	1.6151_n	1.8059	1.3792_n	1.6891	0.7940_n	+0.097
	20	0.1216	1.5867	1.4024_n	1.2859	1.4909_n	1.8407_n	0.6847	1.7327	0.9743_n	+0.117
	21	0.9503_n	1.4464	0.6499	1.1047_n	1.8691_n	1.2226	1.5820	1.5863_n	1.6129_n	−0.073
	22	0.2717	1.2893	1.4320	0.1625_n	0.7739	1.8780	1.7349_n	8.9768_n	1.2962	+0.109
	23	0.9927	1.5009	0.6541	1.1922	1.8760	0.9304	1.5466	1.6133	1.1728	+0.123
Sept.	2	0.5366	1.3039	1.3707_n	0.5587_n	1.5331	1.8237_n	1.7275_n	0.7658_n	1.5154	+.0047
	3	0.9108	1.5297	1.2464_n	1.2231	1.7716_n	1.6616_n	1.4847	1.6422	1.4743_n	+0.072
	4	0.7248_n	1.5734	1.2481	1.2727_n	1.7336_n	1.7118	0.9928	1.7214_n	1.4049_n	+0.057
	10	0.9396	1.4273	0.9981	1.0705_n	1.8455	1.3824	1.6519_n	1.4561_n	1.6028	−0.059
	11	9.0070_n	1.5864	1.3503_n	1.2853	1.5701	1.8064_n	0.8470	1.7198	1.1351	−0.073
	12	1.0212_n	1.4589	1.2630_n	1.1371_n	1.7523_n	1.6782_n	1.5311	1.6086_n	1.5156_n	+0.180
	20	0.7680_n	1.3099	1.3351_n	0.7112_n	1.6081	1.7837_n	1.6888	1.2700_n	0.3918_n	+0.128

Normalgleichungen.

Rhea-Dione 1903.

	$-d(e_2 \sin \pi_2)$	$-d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n	Log Hilfsfakt.
$-d(e_2 \sin \pi_2)$	15.875	−2.348	+2.045	−0.444	+1.254	+0.210	−0.358	−0.274	+0.326	+0.009	7.9374
$-d(e_2 \cos \pi_2)$		18.246	+0.597	−1.714	+2.898	+0.466	−0.508	+1.001	+1.387	+1.416	8.3356
$d\epsilon_1$			14.898	−0.182	+0.311	+0.247	+4.530	+0.404	−0.226	+0.234	8.0908
$-d\epsilon_2$				14.799	−0.938	+0.210	−0.219	+0.245	+4.612	−2.958	8.2364
$\frac{da}{a}$					8.960	+2.643	−0.436	−1.926	+0.294	+1.800	7.8753
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						13.449	−0.169	+0.159	+0.618	+0.546	8.1164
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							13.868	+1.342	−0.620	−1.065	8.1151
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								13.279	−0.193	−0.256	8.2610
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									14.160	−0.408	8.2625

Auflösung Rhea-Dione 1903.

Mittlere Epoche 1903.590.

Korrektionen:

	Rhea:	Dione:		Rhea:	w. F.	Dione:	w. F.		
$\log d(e \sin \pi)$	—	6.2905	$d(e \sin \pi)$	—	—	+ 0.00020	±0.00018	(nn)	1.674
$\log d(e \cos \pi)$	—	6.6717$_n$	$d(e \cos \pi)$	—	—	− 0.00047	±0.00043	$(vv)_x$	0.344
$\log de$	6.6735	7.5300	de	+11.″62	±0.″94	+11.″65	±1.″25	$(vv)_y$	0.315
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	5.9227	6.4402$_n$	$d(\gamma \sin \theta_0)$	+0.29	±1.01	− 0.95	±1.42	(rr)	0.659
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	7.0548$_n$	6.6905$_n$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	−3.90	±1.02	− 1.69	±1.42		

$\log \frac{da}{a}$ 7.1991 Epoche von π, θ 1903 Aug. 5.0 Anzahl der Gl. 56

$\frac{da}{a} + 0.00129 \pm 0.00022$ Summe der Gew. 56

w. F. einer Gl. ±0.″080

Korrigierte Elemente:

Sept. 0.0	l	66° 43.′9	±2.′9	145° 33.′3	±1.′3
	a	76.″268	±0.″017		
	e			0.00245	
	π			130.°5	
	Ω	167° 59.′56	±2.′19	168° 9.′80	±3.′02
	i	27 42.21	±1.02	28 3.17	±1.42

Die Ausgleichung wurde wiederholt, indem in die Bedingungsgleichungen an die Stelle der Koeffizienten $e \sin \pi_0$ und $e \cos \pi_0$ für Dione die entsprechenden Koeffizienten von $e \sin \pi_0$ und $e \cos \pi_0$ der Mittelpunktsgleichung für Rhea eingesetzt wurden. Die zweite Auflösung für Rhea-Dione 1903 ergab dann

	Rhea:	w. F.	
$e \sin \pi$	−0.00003	± 0.00013	
$e \cos \pi$	+0.00041	± 0.00031	w. F. einer Gl. ±0.″080
e	0.00041		
π	355.°8		

Die Korrektionen aller anderen Elemente von Rhea und Tethys änderten sich gegenüber der ersten Auflösung nur sehr unbedeutend.

Rhea-Dione 1904.

Beobachtung — Rechnung.

1904		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O - C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O - C$ n
Juni	12	20^{h}34^{m}42^s	+25.″68	+53.″00	− 27.″32	− 27.″04	+0.″28	+16.″86	− 4.″04	+20.″90	+21.″00	+0.″10
	14	20 16 48	+ 3.12	+ 9.46	− 6.34	− 6.31	+0.03	−17.80	+12.76	−30.56	−30.61	−0.05
	17	20 0 4	+64.90	+38.22	+ 26.68	+ 26.58	−0.10	+10.39	+ 9.56	+ 0.83	+ 0.92	+0.09
	20	19 7 19	−72.87	+53.88	−126.75	−126.82	−0.07	+ 6.46	+ 3.90	+ 2.56	+ 2.41	−0.15
	22	19 17 7	+78.85	−22.31	+101.16	+101.01	−0.15	− 0.29	+12.12	−12.41	−12.34	+0.07
	23	19 7 42	+11.91	+54.09	− 42.18	− 41.96	+0.22	−17.98	− 3.08	−14.00	−14.08	−0.08
Aug.	23	15 5 13	−24.39	−12.39	− 12.00	− 11.85	+0.15	+20.15	−15.10	+35.25	+35.32	+0.07
Sept.	2	14 17 51	+68.42	+52.35	+ 16.07	+ 16.05	−0.02	+11.87	+ 6.78	+ 5.09	+ 5.16	+0.07
	7	13 50 38	+80.52	− 0.33	+ 80.85	+ 80.69	−0.16	− 1.41	+15.05	−17.07	−16.98	+0.09
	10	14 0 33	−33.98	+34.08	− 68.06	− 68.04	+0.02	+19.44	+12.66	+ 6.78	+ 6.67	−0.11
	11	14 0 44	+65.75	+12.45	+ 53.30	+ 53.80	+0.50	+12.79	−15.38	+28.17	+28.24	+0.07
	16	13 31 53	+80.04	+56.10	+ 23.94	+ 24.06	+0.12	− 0.15	− 3.35	+ 3.20	+ 3.28	+0.08
	17	13 39 37	+11.74	−46.43	+ 58.17	+ 58.32	+0.15	−21.40	− 9.22	−12.18	−12.24	−0.06
	18	14 28 19	−76.77	+10.40	− 87.26	− 87.53	−0.27	− 6.34	+15.45	−21.79	−21.85	−0.06

1904		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ u	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ u
Sept.	21	$13^h\ 8^m\ 1^s$	+62.07	+35.08	+ 26.99	+ 27.13	+0.14	−13.28	+12.38	−25.66	−25.74	−0.08
	23	13 45 20	−74.43	−46.87	− 27.56	− 27.56	0.00	+ 7.15	+ 8.85	− 1.70	− 1.75	−0.05
	25	13 48 25	+79.18	−26.30	+105.48	+105.90	+0.42	+ 0.41	−13.94	+14.35	+14.61	+0.26
	26	13 5 6	+17.49	−23.47	+ 40.96	+ 40.78	−0.18	−21.02	+14.26	−35.28	−35.28	0.00
Okt.	1	14 15 21	−38.94	−55.38	+ 16.44	+ 16.52	+0.08	−18.92	+ 2.58	−21.50	−21.67	−0.17
	3	15 33 8	+18.21	− 9.50	+ 27.71	+ 28.11	+0.40	+21.03	−15.44	+36.47	+36.57	+0.10
	4	12 8 10	+77.38	−47.06	+124.44	+124.43	−0.01	+ 3.42	+ 8.41	− 4.99	− 4.76	+0.23
	6	12 56 12	−70.00	−27.96	− 42.04	− 41.81	+0.23	− 9.78	−13.52	+ 3.74	+ 3.50	−0.24
	7	13 13 19	−45.10	−15.88	− 29.22	− 29.20	+0.02	+17.26	+14.89	+ 2.37	+ 2.35	−0.02
	9	13 13 59	+64.31	−50.82	+115.13	+115.13	0.00	−11.67	− 6.24	− 5.43	− 5.44	−0.01

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1904		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\varepsilon_1$	$d\varepsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Juni	12	1.7095	1.5730_n	1.8656	1.2410_n	1.4320_n	+0.093
	14	1.7015	1.9609_n	1.8920_n	1.7402	0.7999_n	+0.128
	17	1.5170	1.9265_n	1.6425	1.6136	1.4246	−0.022
	20	1.4283	1.7592_n	1.4722	1.2227	2.1032_n	−0.244
	22	1.9155	1.8242_n	0.4676_n	1.7142	2.0044	+0.041
	23	1.7166	1.5677_n	1.8929_n	1.2295_n	1.6228_n	+0.073
Aug.	23	1.8921	1.9274_n	1.8913	1.7574_n	1.0738_n	−0.182
Sept.	2	1.5857	1.7898_n	1.6390	1.4016	1.2055	−0.031
	7	1.9536	1.8605_n	0.8261_n	1.7615	1.9068	−0.143
	10	1.7568	1.9078_n	1.8634	1.6673	1.8328_n	+0.104
	11	1.9816	1.7836_n	1.6664	1.7513_n	1.7308	+0.133
	16	1.7380	1.4370_n	0.2908_n	1.0862_n	1.3813	−0.004
	17	1.6458	1.8358_n	1.8984_n	1.5254_n	1.7658	−0.055
	18	1.9175	1.8844_n	1.3428_n	1.7491	1.9422_n	−0.124
	21	1.7544	1.8908_n	1.0974_n	1.6517	1.4335	+0.198
	23	1.8786	1.3769_n	1.4393	1.5047	1.4404_n	+0.039
	25	1.8282	1.8089_n	9.1405	1.7015_n	2.0249	+0.075
	29	1.7488	1.0240_n	1.8872_n	1.7109	1.6104	−0.105
Okt.	1	1.7163	1.4231_n	1.8338_n	0.0667	1.2181	+0.066
	3	1.9259	1.8501_n	1.8814	1.7430_n	1.4488	+0.046
	4	1.8656	1.3311_n	1.0458	1.4790	2.0949	−0.083
	6	1.8170	1.8831_n	1.5351_n	1.6840_n	1.6213_n	+0.006
	7	1.9815	1.6927_n	1.8019	1.7266	1.4653_n	+0.082
	9	1.6126	1.7310_n	1.6375_n	1.3488_n	2.0612	−0.206

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1904		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	r
Juni	12	1.3341	1.0934	1.8230	1.5560_n	0.6146_n	1.7334_n	+0.120
	14	0.9542	1.0022	1.8772_n	0.9558	1.7335	0.5726	−0.011
	17	1.0286	1.2341	1.5068	1.8394_n	1.6769	1.4283_n	−0.020
	20	1.2313	1.2771	1.5992	1.8153	1.4454	1.0741_n	−0.045
	22	1.1701	0.7851	1.1751_n	1.8765_n	1.6440	1.5137	−0.083
	23	1.3404	1.1269	1.8856_n	9.7807	0.6094_n	1.7400_n	−0.012

1904	$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Aug. 23	0.9165	1.1536	1.8888	1.1497	1.7517_n	9.7717	−0.007
Sept. 2	1.1277	1.4093	1.5318	1.8471_n	1.5284	1.6497_n	−0.045
7	0.9972	1.0827	1.1817_n	1.8824_n	1.7359	1.0483	−0.014
10	0.8684	1.3267	1.8661	1.3919	1.7010	1.3710_n	−0.109
11	1.1092	1.0346	1.5719	1.8314_n	1.7069_n	1.3472_n	−0.099
16	1.3322	1.3490	1.0107_n	1.8825_n	0.0978_n	1.7419_n	−0.016
17	1.0016	1.4017	1.8857_n	0.4702_n	1.6032_n	1.5766	−0.015
18	0.8839	1.1646	1.1163_n	1.8789	1.7395	9.4337	+0.098
21	0.8469	1.3403	1.7326_n	1.7338_n	1.6870	1.3994_n	−0.074
23	1.3368	1.2233	1.5306	1.8344	1.3395	1.6985	−0.007
25	0.7951	1.2830	0.9016_n	1.8788_n	1.7171_n	1.2034	+0.117
26	1.0293	0.7936	1.8777_n	0.9466_n	1.6476	1.4930	+0.062
Okt. 1	1.3050	1.3705	1.7867_n	1.6447	0.8487_n	1.7318	−0.067
3	0.8632	1.1642	1.8502	1.4001_n	1.7317_n	9.5572_n	−0.036
4	1.3282	1.2436	0.4394	1.8751_n	1.3137	1.6950	+0.071
6	0.7640	1.2974	1.4083_n	1.8472	1.7023_n	1.2657	−0.120
7	1.1202	1.0512	1.8135	1.5035	1.6794	1.3762	−0.027
9	1.0699	1.4254	1.6812_n	1.7556_n	1.4680_n	1.6481	−0.085

Normalgleichungen.

Rhea-Dione 1904.

	$-d(e_2 \sin \pi_2)$	$-d(e_2 \cos \pi_2)$	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n	Log. Hom. fakt.
$-d(e_2 \sin \pi_2)$	11.909	−10.066	+1.035	+2.282	+2.232	−0.037	−0.670	+0.586	−0.048	+0.858	8.0184
$-d(e_2 \cos \pi_2)$		13.025	−0.098	−2.601	−1.735	−0.141	−0.872	+0.401	+0.037	−0.645	8.0391
de_1			11.090	−1.630	−1.529	—	—	—	—	+0.995	8.1016
$-de_2$				12.961	−0.712	—	—	—	—	−2.090	8.2385
$\frac{da}{a}$					6.367	—	—	—	—	−0.666	7.8968
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						10.848	+0.453	−1.070	−3.066	+0.278	8.1112
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							12.877	−0.078	+1.710	−1.507	8.1175
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								13.027	−0.829	+0.108	8.2483
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									9.917	+0.012	8.2581

Auflösung Rhea-Dione 1904.

Mittlere Epoche 1904.660.

Korrektionen:

	Rhea:	Dione:
$\log d(e \sin \pi)$	—	6.9587_n
$\log d(e \cos \pi)$	—	6.7403
$\log de$	6.5827	7.5211
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.7332	6.2905_n
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	7.2046_n	6.8250_n
$\log \frac{da}{a}$	7.1091_n	

	Rhea	w. F.	Dione	w. F.
$d(e \sin \pi)$	—	—	− 0.00091	±0.00039
$d(e \cos \pi)$	—	—	+ 0.00055	±0.00038
de	+1!32	±0!97	+11!41	±1!22
$d(\gamma \sin \theta_0)$	+1.86	±1.01	− 0.67	±1.22
$d(\gamma \cos \theta_0)$	−5.51	±0.92	− 2.30	±1.49

(nn)	1.274
$(vv)_x$	0.313
$(vv)_y$	0.114
(vv)	0.427

Epoche von π, θ 1905 Juli 1.0

$$\frac{da}{a} \begin{cases} -0.00129 \pm 0.00024 = +0.00071 \pm 0.00024 \\ +0.00200 \end{cases}$$

Anzahl der Gl. 48
Summe der Gew. 48
w. F. einer Gl. ±0.071

Korrigierte Elemente:

		Rhea	w. F.	Dione	w. F.
Sept. 0.0	l	173° 17!9	±1!0	47° 21!3	±1!2
	a	76!224	±0!018		
	e			0.00178	
Ep. 1904.660	π			189°3	
Ep. 1904.638	Ω	168° 11!79	±2!09	168 9!82	±2!87
	i	27 40.36	±0.96	28 2.78	±1.37

Rhea-Dione 1905—1906.

Beobachtung — Rechnung.

1905	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Juli 0	18h 47m 21s	−78!63	+10!68	− 89!31	− 89!38	−0!07	+ 1!87	− 8!62	+10!49	+10!19	−0!30
17	17 12 28	−19.26	+42.21	− 61.47	− 61.41	+0.06	−12.24	− 6.21	− 6.03	− 6.18	−0.15
18	17 31 5	−80.76	−57.86	− 22.90	− 22.71	+0.19	+ 0.50	− 0.58	+ 1.08	+ 1.04	−0.04
25	17 55 23	+74.52	+54.96	+ 19.56	+ 19.88	+0.32	− 4.81	− 3.21	− 1.60	− 1.41	+0.19
26	18 2 5	−20.00	−51.60	+ 31.60	+ 32.00	+0.40	−12.68	− 4.42	− 8.26	− 8.19	+0.07
Aug. 1	17 25 52	−62.24	−46.08	− 16.16	− 16.04	+0.12	+ 8.27	+ 5.93	+ 2.34	+ 2.26	−0.08
3	17 59 53	+76.18	−33.34	+109.52	+110.04	+0.52	− 4.57	− 8.00	+ 3.43	+ 3.56	+0.13
5	18 28 31	−82.17	+50.80	−132.97	−133.34	−0.37	+ 0.24	− 4.98	+ 5.22	+ 5.27	+0.05
18	16 50 1	−57.93	+22.52	− 80.45	− 80.55	−0.10	−10.48	+ 9.48	−19.96	−20.14	−0.18
19	16 50 2	−68.33	+26.13	− 94.46	− 94.63	−0.17	+ 7.61	− 9.28	+16.89	+17.04	+0.15
21	16 58 43	+80.17	+50.23	+ 29.94	+ 29.97	+0.03	− 3.05	+ 5.49	− 8.54	− 8.45	+0.09
23	15 55 37	−81.50	−41.66	− 39.84	− 39.93	−0.09	− 2.93	+ 7.40	−10.33	−10.39	−0.06
27	15 26 29	−50.53	+51.76	−102.29	−102.35	−0.06	−11.89	− 5.18	− 6.71	− 6.88	−0.17
31	15 44 3	+ 3.34	−56.52	+ 59.86	+ 59.97	+0.11	−14.80	+ 3.11	−17.91	−17.95	−0.04
Sept. 7	15 26 12	+21.28	+47.32	− 26.04	− 25.84	+0.20	+14.72	− 6.55	+21.27	+21.36	+0.09
8	15 2 52	+82.15	−57.15	+139.30	+139.65	+0.35	− 0.42	− 2.68	+ 2.26	+ 2.29	+0.03
9	15 39 22	+ 6.86	+30.46	− 23.60	− 23.53	+0.07	−15.09	+ 9.38	−24.47	−24.58	−0.11
15	15 42 22	−74.88	+57.62	−132.50	−132.63	−0.13	+ 5.78	− 2.14	+ 7.92	+ 7.87	−0.05
16	14 48 28	+15.13	−43.15	+ 58.28	+ 58.62	+0.34	+15.22	− 7.56	+22.78	+22.95	+0.17
18	16 20 35	+ 6.77	+38.27	− 31.50	− 31.53	−0.03	−15.37	− 8.48	− 6.89	− 7.01	−0.12
21	14 38 7	+61.30	+15.58	+ 45.72	+ 45.82	+0.10	+10.58	−10.84	+21.42	+21.56	+0.14
22	14 26 7	+64.29	−52.85	+117.14	+117.48	+0.34	− 9.17	+ 4.72	−13.89	−14.12	−0.23
24	13 35 27	−78.63	−13.59	− 65.04	− 64.97	+0.07	+ 3.46	−10.98	+14.44	+14.31	−0.13
25	13 57 58	+ 7.85	−31.46	+ 39.31	+ 39.57	+0.26	+15.56	+ 9.46	+ 6.10	+ 6.28	+0.18
26	14 7 18	+80.86	+57.25	+ 23.61	+ 23.79	+0.18	+ 1.62	− 1.94	+ 3.56	+ 3.60	+0.04
27	14 7 17	+20.21	−45.15	+ 65.36	+ 65.96	+0.60	−15.02	− 7.11	− 7.91	− 8.01	−0.10
30	13 36 22	+55.08	−57.34	+112.42	+112.98	+0.56	+11.77	− 1.39	+13.16	+13.41	+0.25
Okt. 1	13 41 24	+67.58	+33.38	+ 34.20	+ 34.17	−0.03	− 8.15	+ 9.23	−17.38	−17.28	+0.10
4	13 9 39	+ 0.69	+53.02	− 52.33	− 52.47	−0.14	+15.69	+ 4.38	+11.31	+11.40	+0.09
5	13 16 54	+79.14	−18.88	+ 98.02	+ 98.59	+0.57	+ 3.02	−10.74	+13.76	+14.06	+0.30
7	13 33 26	−69.98	+55.61	−125.59	−125.59	0.00	− 8.03	− 2.77	− 5.26	− 5.45	−0.19
8	13 16 16	−51.60	−46.17	− 5.43	− 5.27	+0.16	+11.68	− 6.72	+18.40	+18.51	+0.11
9	13 2 34	+49.90	+ 4.28	+ 45.62	+ 46.01	+0.39	+12.54	+11.29	+ 1.25	+ 1.36	+0.11
14	12 26 0	+76.63	−49.76	+126.39	+126.82	+0.43	+ 4.42	+ 5.41	− 0.99	− 0.85	+0.14
16	12 37 26	−65.01	−21.93	− 43.08	− 42.99	+0.09	− 9.29	−10.46	+ 1.17	+ 1.09	−0.08
17	12 6 14	−57.33	−26.86	− 30.47	− 30.44	+0.03	+10.40	+ 9.92	+ 0.48	+ 0.41	−0.07
1906											
Juli 30	18 18 53	+76.60	+11.58	+ 65.02	+ 65.40	+0.38	+ 2.37	− 3.73	+ 6.10	+ 6.06	−0.04
Aug. 15	17 40 20	−82.48	+55.71	−138.19	−138.33	−0.14	− 1.26	− 1.54	+ 0.28	+ 0.27	−0.01
18	16 55 39	+53.73	+37.33	+ 16.40	+ 16.55	+0.15	− 4.47	− 3.51	− 0.96	− 1.03	−0.07
22	17 28 52	+81.98	−45.40	+127.38	+127.72	+0.34	− 0.69	+ 3.00	− 3.69	− 3.74	−0.05
Sept. 5	16 29 45	+60.23	−12.88	+ 73.11	+ 73.13	+0.02	− 4.67	+ 5.05	− 9.72	− 9.84	−0.12

1906	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ u	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ v
Sept. 6	$16^h59^m\ 1^s$	−48″44	+50″81	− 99″25	− 99″10	+0″15	− 6″28	− 2″78	− 3″50	− 3″64	−0″14
12	16 52 0	−37.26	−11.27	− 25.99	− 25.85	+0.14	+ 6.59	− 5.36	+11.95	+12.00	+0.05
19	15 0 4	+20.73	+22.22	− 1.49	− 1.66	−0.17	− 7.58	+ 5.25	−12.83	−12.98	−0.15
Okt. 7	14 23 57	+29.37	−43.14	+ 72.51	+ 72.75	+0.24	− 7.85	− 4.19	− 3.66	− 3.87	−0.21
12	13 59 18	−23.05	+17.18	− 40.23	− 40.17	+0.06	− 8.51	− 5.96	− 2.55	− 2.61	−0.06
13	13 46 16	−81.24	−53.74	− 27.50	− 27.24	+0.26	+ 0.31	+ 2.44	− 2.13	− 2.10	+0.03
14	13 20 43	− 8.92	+51.79	− 60.71	− 60.86	−0.15	+ 8.65	+ 2.87	+ 5.78	+ 6.01	+0.23

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1905		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v	1905		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v
Juli	9	0.0000	1.1911	1.7523_n	1.9512_n	−0″041	Sept.	27	0.0000	1.8946_n	1.5623_n	1.8193	+0″248
	17	0.0000	1.8956_n	1.6008_n	1.7882_n	+0.032		30	0.0000	1.7707	0.8514_n	2.0530	+0.111
	18	0.0000	0.8060	0.5662_n	1.3562_n	+0.110	Okt.	1	0.0000	1.0433_n	1.6722	1.5337	−0.205
	25	0.0000	1.5220_n	1.3025_n	1.2984	+0.104		4	0.0000	1.9047	1.3468	1.7109_n	−0.122
	26	0.0000	1.8988_n	1.4407_n	1.5051	+0.149		5	0.0000	1.1163	1.7354_n	1.9939	+0.105
Aug.	1	0.0000	1.7278	1.5598	1.2052_n	+0.061		7	0.0000	1.5889_n	1.1460_n	2.0990_n	+0.172
	3	0.0000	1.4890_n	1.6866_n	2.0416	+0.035		8	0.0000	1.7852	1.5301_n	0.7222_n	−0.008
	5	0.0000	0.6511	1.4775_n	2.1250_n	−0.182		9	0.0000	1.7940	1.7547	1.6629	+0.197
	18	0.0000	1.7708_n	1.7374	1.9061_n	+0.035		14	0.0000	1.3031	1.4325	2.1032	−0.008
	19	0.0000	1.6676	1.7265_n	1.9760_n	−0.124		16	0.0000	1.6523_n	1.7182_n	1.6333_n	+0.067
	21	0.0000	1.3084_n	1.4956	1.4767	−0.152		17	0.0000	1.7334	1.6950	1.4834_n	+0.026
	23	0.0000	1.1458_n	1.6225	1.6013_n	−0.076	1906						
	27	0.0000	1.8158_n	1.4612_n	2.0101_n	+0.031	Juli	30	0.0000	1.4617	1.7606_n	1.8156	+0.041
	31	0.0000	1.9167_n	1.2339	1.7779	−0.166	Aug.	15	0.0000	1.0029_n	1.3230_n	2.1409_n	−0.041
Sept.	7	0.0000	1.9005	1.5485_n	1.4123_n	−0.085		18	0.0000	1.8036_n	1.6686_n	1.2188	−0.048
	8	0.0000	0.6938_n	1.1582_n	2.1451	−0.174		22	0.0000	1.1888_n	1.5875	2.1063	+0.105
	9	0.0000	1.9138_n	1.7017	1.3717_n	+0.055	Sept.	5	0.0000	1.7643_n	1.7663	1.8641	−0.064
	15	0.0000	1.5207	1.0525_n	2.1226_n	+0.069		6	0.0000	1.8341_n	1.5033_n	1.9961_n	+0.178
	16	0.0000	1.9053	1.5995_n	1.7680	−0.004		12	0.0000	1.8737	1.7702_n	1.4125_n	−0.065
	18	0.0000	1.9110_n	1.6475_n	1.4987_n	−0.141		19	0.0000	1.9072_n	1.7423	0.2189_n	−0.120
	21	0.0000	1.7296	1.7511_n	1.6611	−0.225	Okt.	7	0.0000	1.8851_n	1.6037_n	1.8618	−0.044
	22	0.0000	1.6992_n	1.3890	2.0700	−0.073		12	0.0000	1.8944_n	1.7486_n	1.6039_n	−0.060
	24	0.0000	1.3104	1.7536_n	1.8127_n	+0.034		13	0.0000	0.8849	1.3588	1.4352_n	+0.248
	25	0.0000	1.9072	1.6878	1.5974	+0.071		14	0.0000	1.9085	1.4274	1.7844_n	−0.120
	26	0.0000	0.7724	0.9985_n	1.3764	−0.036							

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1905		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	v
Juli	9	0.0000	1.7136	1.7782	1.7295_n	1.2758	−0″264
	17	0.0000	1.7656_n	1.7385	1.7412_n	1.2034_n	−0.035
	18	0.0000	1.6504	1.8219	1.4127	1.7084	+0.035
	25	0.0000	1.8104_n	1.6825_n	1.6510_n	1.5624_n	+0.142
	26	0.0000	1.7679_n	1.7436	0.4238	1.7611	+0.201

1905		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	ε
Aug.	1	0.0000	1.8802	1.4487	1.7330	1.3138	−0.″078
	3	0.0000	1.7993_n	1.7077_n	1.3834_n	1.7230	+0.067
	5	0.0000	1.6336	1.8375	1.7092_n	1.4422_n	+0.114
	18	0.0000	1.3804_n	1.8911	1.5376	1.6710_n	−0.010
	19	0.0000	1.8589	1.5738	1.7648_n	0.7211	+0.129
	21	0.0000	1.7404_n	1.7783_n	0.7854	1.7654_n	+0.043
	23	0.0000	1.4100	1.8877	1.7526	1.1313	+0.064
	27	0.0000	1.5250_n	1.8700	1.7054_n	1.4589_n	−0.037
	31	0.0000	1.8652_n	1.5441	1.6377	1.5863	+0.091
Sept.	7	0.0000	1.7754	1.7377_n	1.7322_n	1.3298_n	−0.075
	8	0.0000	1.6190_n	1.8411_n	1.2413	1.7422	−0.059
	9	0.0000	1.8726_n	1.4938	1.4206	1.7112_n	+0.025
	15	0.0000	1.7969	1.7027	1.5939_n	1.6257_n	−0.033
	16	0.0000	1.8021	1.6931_n	1.0339_n	1.7527	+0.004
	18	0.0000	1.8703_n	1.4857	1.7548_n	0.9463_n	−0.034
	21	0.0000	1.2895	1.8895_n	1.7405_n	1.2139	−0.039
	22	0.0000	1.8598_n	1.5295_n	1.6801	1.4943	−0.215
	24	0.0000	1.7233	1.7755	1.6024_n	1.6113	−0.105
	25	0.0000	1.8268	1.6315_n	1.7551	0.8523	+0.069
	26	0.0000	1.4882_n	1.8053_n	1.5817_n	1.6268_n	−0.073
	27	0.0000	1.8898_n	1.2350	0.8256_n	1.7524	−0.019
	30	0.0000	1.4345	1.8711_n	1.3836	1.7096	+0.088
Okt.	1	0.0000	1.8351_n	1.5083_n	1.3305	1.7187_n	+0.103
	4	0.0000	1.8440	1.5573_n	0.9798_n	1.7447_n	−0.027
	5	0.0000	1.3717_n	1.8752_n	1.5437_n	1.6463	+0.158
	7	0.0000	0.4885_n	1.8942	1.6124_n	1.5853_n	−0.065
	8	0.0000	1.8816	1.2614	0.5451_n	1.7484	+0.052
	9	0.0000	1.5114	1.8520_n	1.6492	1.5273_n	−0.017
	14	0.0000	1.2085_n	1.8804_n	1.6886	1.4221	+0.031
	16	0.0000	1.0278_n	1.8846	1.4930_n	1.6627	+0.035
	17	0.0000	1.8611	1.4206	1.7406	0.6602_n	−0.068
1906							
Juli	30	0.0000	1.6006_n	1.8533_n	1.4378_n	1.7148	−0.147
Aug.	15	0.0000	1.7481	1.7860	1.7722_n	0.6903	+0.044
	18	0.0000	1.6137_n	1.1223	1.6806_n	1.5381	−0.016
	22	0.0000	1.8571_n	1.6203_n	1.7329	1.3942_n	−0.067
Sept.	5	0.0000	1.9206_n	0.5833	1.4461	1.7211_n	−0.052
	6	0.0000	0.9414_n	1.9186	1.7579_n	1.2313	−0.008
	12	0.0000	1.8877	1.4912_n	0.6788_n	1.7748	−0.065
	19	0.0000	1.8393_n	1.6631	0.8355_n	1.7700_n	−0.018
Okt.	7	0.0000	1.8640_n	1.5627	1.4954	1.6952	−0.108
	12	0.0000	1.5556_n	1.8626	1.4853_n	1.0957	+0.072
	13	0.0000	1.8101	1.6912	1.7591	0.9319_n	+0.071
	14	0.0000	1.7861	1.7260_n	1.6353_n	1.5872_n	+0.098

Normalgleichungen.

Rhea-Dione 1905. .r.

	f	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt
f	36.000	−0.683	−4.544	−0.107	+5.340	—
de_1		14.982	+0.525	+0.446	−0.078	8.0725
$-de_2$			15.850	+1.559	−1.593	8.2301
$\frac{da}{a}$				10.683	+0.804	7.8549

Rhea-Dione 1906. x.

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
f	12.000	−3.063	−1.875	−0.269	+1.340	
$d\epsilon_1$		6.149	+0.130	−0.558	−0.111	8.0725
$-d\epsilon_2$			7.030	+1.125	−1.093	8.2301
$\frac{da}{a}$				3.440	−0.325	7.8549

Rhea-Dione 1905–1906. y.

	f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_0)_2$	n	Log Hom. fakt.
f'	48.000	−2.475	+3.068	−4.996	+4.268	−0.240	
$d(\gamma \sin\theta_0)_1$		21.929	+0.916	−0.591	+1.216	+0.860	8.0688
$d(\gamma \cos\theta_0)_1$			21.114	−3.202	+0.031	−2.675	8.0718
$-d(\gamma \sin\theta_0)_2$				21.522	+0.396	+0.266	8.2133
$-d(\gamma \cos\theta_0)_2$					21.579	+0.085	8.2177

Auflösung Rhea-Dione 1905. x.

Mittlere Epoche 1905.684.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Dione	w. F.	
log f 9.1458	f	+0″.140	±0″.014			$(nn)_x$ 1.426
log $d\epsilon_{Rh}$ 5.0734	$d\epsilon$	+0″.04	±0″.89	+4″.03	±1″.26	$(v\,v)_x$ 0.500
log $d\epsilon_{Di}$ 7.0689						
log $\frac{da}{a}$ 6.7926	$\frac{da}{a}$	+0.00062 ± 0.00019 = +0.00262 ± 0.00019				Anzahl der Gl. 36
		+0.00200				Anzahl der Gew. 36

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0″.084

	a	76″.370	±0″.014			
	$e\sin(\pi - U)$	−0.00095	±0.00011			
	U	205°.8				
Sept. 0.0	l	100° 9′.5	±0″.9	177° 32′.2	±1′.3	

Auflösung Rhea-Dione 1906. x.

Mittlere Epoche 1906.697.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Dione	w. F.	
log f 8.9963	f	+0″.099	±0″.027			$(nn)_x$ 0.432
log $d\epsilon_{Rh}$ 6.5522	$d\epsilon$	+1′.23	±1′.64	+7′.19	±2′.11	$(v\,v)_x$ 0.154
log $d\epsilon_{Di}$ 7.3201						
log $\frac{da}{a}$ 6.4730$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00030 ± 0.00037 = +0.00170 ± 0.00037				Anzahl der Gl. 12
		+0.00200				Anzahl der Gew. 12

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0″.094

	a	76″.299	±0″.028			
	$e\sin(\pi - U)$	−0.00060	±0.00022			
	U	217°.3				
Sept. 0.0	l	27° 3′.6	±1′.6	307° 51′.9	±2′.1	

Auflösung Rhea-Dione 1905—1906. *y.*

Mittlere Epoche 1905.938.

Korrektionen:						
		Rhea	w. F.	Dione	w. F.	
log f'' 7.7079	f'	+0".065	±0".009			$(nn)_y$ 0.780
log $d(\gamma \sin\theta_0)_{Rh}$ 6.7229						
log $d(\gamma \cos\theta_0)_{Rh}$ 7.1862$_n$	$d(\gamma \sin\theta_0)$	+1'.82	±0'.56	+0'.26	±0'.80	$(r\,v)_y$ 0.390
log $d(\gamma \sin\theta_0)_{Di}$ 5.8774	$d(\gamma \cos\theta_0)$	−5.28	±0.58	−0.03	±0.80	Anzahl der Gl. 48
log $d(\gamma \cos\theta_0)_{Di}$ 5.0081$_n$	Epoche für θ 1905 Juli 1.0					Anzahl der Gew. 48
	Korrigierte Elemente:					w. F. einer Gl. ±0".065
Ep. 1906.000	Ω	168° 23'.82	±1'.23	168° 11'.18	±1'.70	
	i	27 41.17	±0.57	28 5.37	±0.80	

Die Auflösung der Normalgleichungen Rhea-Dione in x, für die Jahre 1905 und 1906 vereinigt, ergab folgende Elementenkorrektionen:

f	+0".120	±0".013
$d\varepsilon_{Rh}$	+0'.09	±0'.78
$d\varepsilon_{Di}$	+5.14	±1.10
da	+0.00039	± 0.00017
a	+0.00200	

Rhea-Dione 1907—1908.

Beobachtung — Rechnung.

1907	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Juli 26	19^{h}36^m 6^s	+40".47	+45".62	− 5".15	− 5".01	+0".14	−2".27	+1".38	−3".65	−3".57	+0".08
Aug. 4	18 40 50	+33.89	−43.05	+ 76.94	+ 77.12	+0.18	−2.23	+1.41	−3.64	−3.54	+0.10
7	18 35 44	−81.84	−58.37	− 23.47	− 23.53	−0.06	−0.16	+0.31	−0.47	−0.50	−0.03
11	17 15 18	−50.72	+51.50	−102.22	−102.20	+0.02	+1.63	−0.94	+2.57	+2.48	−0.09
12	19 2 10	−69.20	−21.91	− 47.29	− 47.09	+0.20	−1.71	+1.75	−3.46	−3.50	−0.04
18	18 40 25	+72.72	−59.79	+132.51	+132.80	+0.29	−0.64	+0.03	−0.67	−0.32	+0.35
20	16 3 25	−43.61	+22.36	− 65.97	− 65.70	+0.27	+1.53	+1.53	0.00	−0.17	−0.17
26	17 11 7	−37.28	−48.49	+ 11.21	+ 11.52	+0.31	−1.82	+0.86	−2.68	−2.57	+0.11
29	16 3 43	−41.07	−59.79	+ 18.72	+ 18.80	+0.08	+1.21	+0.18	+1.03	+0.91	−0.12
30	16 59 49	−78.10	+37.08	−116.08	−116.11	−0.03	−1.04	−1.01	−0.03	−0.05	−0.02
Sept. 8	16 43 11	−80.04	+37.27	−117.31	−117.22	+0.09	−0.83	+0.77	−1.60	−1.60	0.00
13	15 53 42	−48.64	+58.69	−107.33	−107.28	+0.05	−0.99	−0.19	−0.80	−0.85	−0.05
14	16 3 57	+60.17	−28.47	+ 88.64	+ 88.94	+0.30	−0.22	+0.05	−0.87	−0.79	+0.08
15	14 57 26	+72.38	−27.24	+ 99.62	+ 99.60	−0.02	+0.81	−0.62	+1.43	+1.50	+0.07
16	15 4 14	−31.04	+58.34	− 89.38	− 89.36	+0.02	+0.47	+0.18	+0.29	+0.15	−0.14
20	16 12 11	+22.98	−60.10	+ 83.08	+ 83.35	+0.27	+0.60	−0.07	+0.67	+0.64	−0.03
29	16 52 4	+22.89	+26.83	− 3.94	− 3.62	+0.32	+0.14	−0.15	+0.29	+0.16	−0.13
Okt. 1	15 41 18	−54.40	−58.96	+ 4.56	+ 4.76	+0.20	−0.25	−0.02	−0.23	−0.10	+0.13
2	14 34 17	+49.52	+45.30	+ 4.22	+ 4.35	+0.13	+0.39	−0.04	+0.43	+0.49	+0.06
9	15 34 2	−70.90	−58.21	− 12.69	− 12.65	+0.04	−0.67	−0.05	−0.62	−0.72	−0.10
10	14 56 33	−59.17	+23.80	− 82.97	− 83.04	−0.07	+0.02	+0.19	−0.17	−0.24	−0.07
15	14 0 27	−13.35	−41.56	+ 28.21	+ 28.31	+0.10	+0.03	+0.26	+0.37	+0.38	+0.01
16	14 45 28	+79.90	+59.71	+ 20.19	+ 20.36	+0.17	+0.69	−0.01	+0.70	+0.70	0.00
30	12 59 9	+79.95	+48.48	+ 31.47	+ 31.66	+0.19	+0.19	−0.40	+0.59	+0.62	+0.03
Nov. 16	12 10 41	+22.06	−16.37	+ 38.43	+ 38.65	+0.22	+1.50	−0.84	+2.34	+2.43	+0.09

1908		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Aug.	29	$16^h49^m\ 9^s$	−37″17	+24″32	− 61″49	− 61″31	+0″18	+ 9″08	+7″01	+ 2″07	+ 1″99	−0″08
	30	17 17 15	−80.63	−56.89	− 23.74	− 23.76	−0.02	− 3.41	−2.61	− 0.80	− 0.73	+0.07
	31	17 39 5	+12.30	+54.33	− 42.03	− 41.93	+0.10	−10.06	−3.33	− 6.73	− 6.70	+0.03
Sept.	1	17 25 48	+84.58	−15.03	+ 99.61	+ 99.95	+0.34	− 0.10	+7.35	− 7.45	− 7.27	+0.18
	3	16 49 39	−76.82	+60.51	−137.33	−137.35	−0.02	+ 3.96	+0.56	+ 3.40	+ 3.39	−0.01
	6	17 23 49	+68.83	+45.11	+ 23.72	+ 23.85	+0.13	+ 6.18	+5.00	+ 1.18	+ 1.23	+0.05
	8	16 44 41	−82.87	+31.89	−114.76	−114.94	−0.18	− 2.65	−6.27	+ 3.62	+ 3.62	0.00
	12	16 35 33	−75.32	−18.20	− 57.12	− 56.90	+0.22	+ 4.27	+6.95	− 2.68	− 2.61	+0.07
	22	15 52 20	−58.48	+57.39	−115.87	−115.74	+0.13	− 7.05	−2.44	− 4.61	− 4.52	+0.09
	29	16 30 4	+32.98	−61.44	+ 94.42	+ 94.62	+0.20	+ 8.38	−0.44	+ 8.82	+ 8.86	+0.04
	30	15 6 40	−68.19	+37.68	−105.87	−106.01	−0.14	+ 5.09	−5.22	+10.31	+10.28	−0.03
Okt.	3	15 25 16	+79.10	+59.14	+ 19.96	+ 20.01	+0.05	+ 3.73	−1.73	+ 5.46	+ 5.48	+0.02
	4	14 32 50	−14.51	−22.41	+ 7.90	+ 8.33	+0.43	+ 8.47	+6.04	+ 2.43	+ 2.48	+0.05
	5	15 0 24	−85.80	−25.80	− 60.00	− 60.03	−0.03	− 0.53	−5.83	+ 5.30	+ 5.31	+0.01
	7	15 21 40	+81.43	−53.54	+134.97	+135.17	+0.20	− 2.30	+3.14	− 5.44	− 5.35	+0.09
	14	14 43 4	−85.48	+59.87	−145.35	−145.34	+0.01	− 0.09	−1.23	+ 1.14	+ 1.15	+0.01

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1907		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v	1907		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v
Juli	26	0.0000	1.8463	1.5558_n	0.6998_n	−0″032	Okt.	15	0.0000	1.9165	1.6338	1.4519	−0″005
Aug.	4	0.0000	1.8736	1.6042_n	1.8872	−0.059		16	0.0000	1.3865	0.3466_n	1.3087	+0.017
	7	0.0000	0.9839_n	0.9604_n	1.3717_n	−0.183		30	0.0000	1.2824_n	1.5239_n	1.5006	−0.007
	11	0.0000	1.8162_n	1.4657	2.0095_n	−0.002	Nov.	16	0.0000	1.8866	1.7415_n	1.5872	−0.013
	12	0.0000	1.6595	1.7430_n	1.6729_n	+0.034	1908						
	18	0.0000	1.6118	0.0547_n	2.1232	+0.044	Aug.	29	0.0000	1.8798_n	1.7438_n	1.7875_n	−0.037
	20	0.0000	1.8535_n	1.7454_n	1.8176_n	+0.118		30	0.0000	1.4029	1.3172	1.3758_n	−0.063
	26	0.0000	1.8767	1.5540_n	1.0614	+0.108		31	0.0000	1.9226	1.4242	1.6225_n	+0.058
	29	0.0000	1.8666_n	0.9180_n	1.2741	−0.084	Sept.	1	0.0000	0.5892	1.7699_n	1.9998	+0.002
	30	0.0000	1.4998	1.6695	2.0649_n	−0.014		3	0.0000	1.5569_n	0.6572_n	2.1378_n	−0.061
Sept.	8	0.0000	1.4379	1.6802_n	2.0690_n	−0.010		6	0.0000	1.6990_n	1.6123_n	1.3775	−0.099
	13	0.0000	1.8409	1.1787	2.0305_n	+0.019		8	0.0000	1.2932	1.7147	2.0605_n	−0.083
	14	0.0000	1.7753	1.7303_n	1.9491	+0.027		12	0.0000	1.6055_n	1.7674_n	1.7551_n	−0.021
	15	0.0000	1.6442_n	1.7334	1.9983	−0.171		22	0.0000	1.7975	1.3349	2.0635_n	+0.124
	16	0.0000	1.8969_n	1.2210_n	1.9511_n	−0.062		29	0.0000	1.8994_n	0.6058	1.9760	+0.074
	20	0.0000	1.9116_n	0.9312	1.9209	+0.073		30	0.0000	1.7177_n	1.6850	2.0254_n	−0.037
	29	0.0000	1.9107_n	1.7333	0.5583_n	+0.256	Okt.	3	0.0000	1.5235_n	1.2136	1.3013	−0.013
Okt.	1	0.0000	1.8101	1.1298	0.6775	+0.079		4	0.0000	1.9275_n	1.7587_n	0.9206	+0.171
	2	0.0000	1.8346	1.6003	0.6387	+0.042		5	0.0000	0.1833	1.7459	1.7783_n	+0.054
	9	0.0000	1.6546_n	1.1918_n	1.1021_n	−0.099		7	0.0000	1.4298	1.4821_n	2.1309	−0.080
	10	0.0000	1.7749	1.7409	1.9193_n	−0.065		14	0.0000	0.4990_n	1.0920	2.1624_n	+0.014

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1907		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	v
Juli	26	0.0000	1.1723_n	1.9009_n	1.4041_n	1.7178	+0″007
Aug.	4	0.0000	0.8528_n	1.9123_n	1.7511	1.2278	−0.044
	7	0.0000	1.8687	1.5604	1.7503	1.2516_n	−0.034
	11	0.0000	1.4134	1.8056	1.7716_n	0.4788_n	+0.026

1907		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	v
Aug.	12	0.0000	1.9056	1.2980_n	1.6474	1.5975	−0.070
	18	0.0000	1.7376_n	1.7992_n	1.7308	1.4157_n	+0.190
	20	0.0000	1.2292	1.9131	0.7266	1.7760	−0.090
	26	0.0000	1.7831	1.7639_n	1.7744	0.9878	+0.013
	29	0.0000	1.1276	1.9198	1.7554	1.3009_n	−0.098
	30	0.0000	1.9252	0.4610_n	1.7416_n	1.3826_n	+0.024
Sept	8	0.0000	1.9272	0.3452	1.0422_n	1.7756	+0.033
	13	0.0000	1.8448	1.6789_n	1.7710_n	1.1378	−0.049
	14	0.0000	1.5476_n	1.8865_n	1.6997	1.5377	−0.071
	15	0.0000	1.9206_n	1.1942	9.9537_n	1.7823_n	+0.021
	16	0.0000	0.0354	1.9282	1.6437_n	1.6207	−0.028
	20	0.0000	1.7040_n	1.8326	1.6926	1.5496_n	−0.046
	20	0.0000	1.7068_n	1.8295	1.6900_n	1.5483_n	−0.069
Okt.	1	0.0000	1.8704	1.6052_n	1.6612	1.5963_n	+0.048
	2	0.0000	1.3254_n	1.9122_n	1.7684_n	1.1476_n	−0.016
	9	0.0000	1.6918	1.8335	1.7686	1.1348_n	−0.081
	10	0.0000	1.8865	1.3241_n	1.6712_n	1.5729_n	−0.071
	15	0.0000	1.6348	1.8549_n	1.2119	1.7602_n	−0.090
	16	0.0000	1.8132_n	1.7193_n	1.7123_n	1.4802	−0.055
	30	0.0000	1.9099_n	1.0955_n	1.4217_n	1.7211	−0.004
Nov.	16	0.0000	0.9418	1.9011_n	1.6188	1.5993	−0.040
1908							
Aug.	29	0.0000	1.5858	1.8715	1.6405	1.6147	−0.034
	30	0.0000	1.9000	1.4283_n	9.6895_n	1.7786_n	+0.035
	31	0.0000	1.1444_n	1.9177_n	1.6322_n	1.6229	−0.034
Sept.	1	0.0000	1.9243_n	0.3276_n	1.7784	0.7389	+0.087
	3	0.0000	1.8861	1.5350	1.1975_n	1.7644	+0.048
	6	0.0000	1.8288_n	1.7061	1.3707	1.7460	+0.051
	8	0.0000	1.9135	1.3193_n	1.7712_n	1.1079	+0.025
	12	0.0000	1.8770	1.5910	1.7840	0.3235	+0.079
	22	0.0000	1.7612	1.7973_n	1.5903_n	1.6709	+0.073
	29	0.0000	1.5142_n	1.8970	1.2059	1.7713_n	+0.044
	30	0.0000	1.8314	1.7150	1.7611_n	1.2968	+0.057
Okt.	3	0.0000	1.8962_n	1.3191	1.5370_n	1.7023	+0.030
	4	0.0000	1.1520	1.9253	1.7867	0.4180_n	+0.074
	5	0.0000	1.9312	0.0851_n	1.6447_n	1.6252_n	+0.034
	7	0.0000	1.0078_n	1.4340_n	1.6066	1.6092_n	−0.027
	14	0.0000	1.9295	0.6031	1.4881_n	1.7199	+0.058

Normalgleichungen.

Rhea-Dione 1907. *x.*

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. takt.
f	25,000	+3.554	−1.817	−0.949	+3.640	—
$d\epsilon_1$		13.195	−1.755	+0.705	+0.456	8.0725
$-d\epsilon_2$			10.448	−0.624	−0.889	8.2301
$\frac{da}{a}$				6.355	−1.139	7.8549

Rhea-Dione 1908. *x.*

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. takt.
f	16,000	−2.731	−0.823	−3.445	+2.540	—
$d\epsilon_1$		5.749	+2.882	−0.160	−0.606	8.0725
$-d\epsilon_2$			7.518	−2.886	−0.712	8.2301
$\frac{da}{a}$				6.615	−1.236	7.8549

Rhea-Dione 1907–1908. *y*.

	f'	$d(\gamma \sin\theta_\odot)_1$	$d(\gamma\cos\theta_\odot)_1$	$-d(\gamma\sin\theta_\odot)_2$	$-d(\gamma\cos\theta_\odot)_2$	n	Log Hom. fakt.
f'	41.000	+7.074	+0.142	+1.530	+4.100	+0.730	
$d(\gamma\sin\theta_\odot)_1$		21.129	−0.063	−2.356	+0.842	−0.625	8.0688
$d(\gamma\cos\theta_\odot)_1$			18.893	+1.751	−0.853	−1.020	8.0718
$-d(\gamma\sin\theta_\odot)_2$				22.096	−2.932	+1.079	8.2133
$-d(\gamma\cos\theta_\odot)_2$					17.322	−0.217	8.2177

Auflösung Rhea-Dione 1907. *x*.

Mittlere Epoche 1907.701.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Dione	w. F.	
log f 9.1284	f	+0".134	±0".013			$(nn)_x$ 0.943
log $d\epsilon_{Rh}$ 5.4604$_n$	$d\epsilon$	−0!.10	±0!.75	+4!.20	±1!.21	$(vv)_x$ 0.202
log $d\epsilon_{Di}$ 7.0874						
log $\frac{da}{a}$ 7.0750$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00119 ± 0.00019 = +0.00081 ± 0.00019 +0.00200				Anzahl der Gl. 25 Anzahl der Gew. 25

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0".066

	a	76".232	±0".014			
	$e\sin(\pi-U)$	−0.00083	±0.00010			
	U	228°.8				
Sept. 0.0	l	313° 55!.2	±0!.8	78° 3!.2	±1!.2	

Auflösung Rhea-Dione 1908. *x*.

Mittlere Epoche 1908.715.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Dione	w. F.	
log f 9.0451	f	+0!.111	±0".015			$(nn)_x$ 0.729
log $d\epsilon_{Rh}$ 6.5110	$d\epsilon$	+1!.12	±1!.04	±9!.98	±1!.39	$(vv)_x$ 0.091
log $d\epsilon_{Di}$ 7.4630						
log $\frac{da}{a}$ 7.1620$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00145 ± 0.00020 = +0.00055 ± 0.00020 +0.00200				Anzahl der Gl. 16 Anzahl der Gew. 16

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0".059

	a	76".212	±0".015			
	$e\sin(\pi-U)$	−0.00063	±0.00012			
	U	241°.1				
Sept. 0.0	l	320° 30!.7	±1!.0	339° 56!.7	±1!.4	

Auflösung Rhea-Dione 1907–1908. *y*.

Mittlere Epoche 1908.097.

Korrektionen:		Rhea	w. F.	Dione	w. F.	
log f' 8.3631	f'	+0".023	±0".007			$(nn)_y$ 0.391
log $d(\gamma\sin\theta_\odot)_{Rh}$ 6.5698$_n$						
log $d(\gamma\cos\theta_\odot)_{Rh}$ 7.0310$_n$	$d(\gamma\sin\theta_\odot)$	−1!.28	±0!.40	−2!.70	±0!.53	$(vv)_y$ 0.152
log $d(\gamma\sin\theta_\odot)_{Di}$ 6.8952$_n$	$d(\gamma\cos\theta_\odot)$	−3.69	±0.41	+0.73	±0.61	Anzahl der Gl. 41
log $d(\gamma\cos\theta_\odot)_{Di}$ 6.3254		Epoche von θ 1905 Juli 1.0				Anzahl der Gew. 31

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0".044

Ep. 1908.095	Ω	168° 35!.86	±0!.86	168° 14!.35	±1!.21	
	i	27 42.28	±0.40	28 2.49	±0.57	

Die Auflösung der Normalgleichungen Rhea-Dione x, für die Jahre 1907 und 1908 vereinigt, ergab folgende Elementenkorrektionen:

f	$+0''.126$	$\pm 0''.010$
$d\varepsilon_{Rh}$	$-0^{\circ}.10$	$\pm 0^{\circ}.59$
$d\varepsilon_{Di}$	$+6.03$	± 0.91
da	-0.00120 ± 0.00013	
a	$+0.00200$	

Dione-Tethys 1903.

Beobachtung — Rechnung.

1903		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Mai	9	$20^h 50^m 30^s$	$+49''.09$	$-17''.58$	$+66''.67$	$+67''.04$	$+0''.37$	$+6''.32$	$+12''.06$	$-5''.74$	$-5''.78$	$-0''.04$
	10	20 32 42	-15.15	$+11.96$	-27.11	-27.04	$+0.07$	-15.50	-12.67	-2.83	-2.84	-0.01
	13	21 2 20	-43.23	$+13.83$	-57.06	-57.14	-0.08	-9.58	$+12.15$	-21.73	-21.92	-0.19
Juni	2	20 2 8	-19.40	-30.77	$+11.37$	$+11.43$	$+0.06$	$+15.75$	-9.03	$+24.78$	$+24.86$	$+0.08$
	3	19 17 40	$+53.19$	$+33.26$	$+19.93$	$+19.78$	-0.15	-4.89	$+8.17$	-13.06	-13.22	-0.16
	18[1]	18 53 18	-55.93	$+20.69$	-76.62	-76.61	$+0.01$	$+2.43$	$+12.02$	-9.59	-9.69	-0.10
	20	18 5 10	$+3.34$	$+30.21$	-26.87	-26.89	-0.02	-17.51	$+9.78$	-27.29	-27.33	-0.04
	21	18 46 26	-41.04	-38.10	-3.84	-3.93	-0.09	$+11.78$	-6.59	$+18.37$	$+18.37$	0.00
	29	17 42 57	-50.44	-30.60	-25.84	-25.64	$+0.20$	$+2.79$	$+10.91$	-8.12	-8.28	-0.16
	30	17 25 8	$+43.44$	$+25.54$	$+17.90$	$+18.07$	$+0.17$	$+11.70$	-12.18	$+23.88$	$+23.98$	$+0.10$
Juli	6	19 37 38	$+43.79$	-33.07	$+76.86$	$+76.92$	$+0.06$	-11.85	-9.30	-2.55	-2.49	$+0.06$
	7	18 28 5	-55.80	$+33.88$	-89.68	-89.48	$+0.20$	-4.45	$+9.01$	-13.46	-13.67	-0.21
	8	19 37 57	$+32.40$	-42.03	$+74.43$	$+74.72$	$+0.29$	$+15.08$	-4.57	$+19.65$	$+19.74$	$+0.09$
	9	19 23 11	$+15.02$	$+44.03$	-28.11	-28.04	$+0.07$	-17.59	$+2.40$	-19.99	-20.17	-0.18
	15	16 33 28	-35.70	$+39.25$	-74.95	-75.08	-0.13	-14.55	-7.97	-6.58	-6.63	-0.05
	18	16 15 26	-55.08	-20.09	-35.59	-35.44	$+0.15$	-5.11	$+13.61$	-18.72	-18.82	-0.10
	21	15 50 28	-56.23	$+1.04$	-57.27	-57.41	-0.14	$+4.49$	-14.91	$+19.40$	$+19.79$	$+0.39$
	23	15 18 49	-4.15	-12.52	$+8.37$	$+8.16$	-0.21	-18.73	-14.16	-4.57	-4.53	$+0.04$
	24	16 8 49	-36.83	$+24.98$	-61.81	-61.58	$+0.23$	$+14.47$	$+12.08$	$+2.39$	$+2.08$	-0.31
	27	16 30 12	-2.58	-42.24	$+39.66$	$+39.77$	$+0.11$	$+18.83$	-4.81	$+23.64$	$+23.84$	$+0.20$
	28	17 25 51	$+41.97$	$+45.30$	-3.33	-3.30	$+0.03$	-13.13	$+0.12$	-13.25	-13.43	-0.18
	30	18 3 41	$+38.02$	$+41.70$	-3.68	-3.57	$+0.11$	$+14.35$	-6.65	$+21.00$	$+21.15$	$+0.15$
Aug.	9	15 31 30	-57.44	-16.09	-41.35	-41.42	-0.07	-2.45	-14.00	$+11.55$	$+11.43$	-0.12
	17	15 37 28	-47.86	-42.07	-4.89	-4.63	$+0.26$	-10.81	$+5.39$	-16.20	-16.13	$+0.07$
	18	15 0 12	$+4.58$	$+41.34$	-36.76	-36.80	-0.13	$+19.24$	-6.82	$+26.06$	$+26.30$	$+0.24$
	20	15 27 23	-57.59	$+29.75$	-87.34	-87.68	-0.34	-0.03	-12.03	$+12.00$	$+12.08$	$+0.08$
	21	14 30 24	$+34.41$	-27.79	$+62.20$	$+62.63$	$+0.43$	$+15.53$	$+12.55$	$+2.98$	$+3.06$	$+0.08$
	22	15 45 49	$+5.29$	$+13.43$	-8.14	-8.41	-0.27	-19.31	-14.89	-4.42	-4.38	$+0.04$
	23	15 33 15	-40.83	-0.47	-40.36	-40.35	$+0.01$	$+11.19$	$+15.33$	-4.14	-4.39	-0.25
	24	14 47 41	$+55.04$	$+2.79$	$+52.25$	$+52.28$	$+0.03$	$+5.68$	-15.40	$+21.08$	$+21.02$	-0.06
Sept.	2	13 5 9	$+12.27$	$+43.80$	-31.53	-31.55	-0.02	-18.08	$+2.02$	-21.00	-21.26	-0.26
	3	12 51 0	-50.19	-44.46	-5.73	-5.64	$+0.09$	$+9.09$	$+0.35$	$+8.74$	$+8.68$	-0.06
	10	13 40 46	$+33.61$	$+7.42$	$+26.19$	$+25.97$	-0.22	-15.61	-15.23	-0.38	-0.11	$+0.27$
	11	13 5 8	-56.31	-2.81	-53.50	-53.55	-0.05	$+0.63$	$+15.33$	-14.70	-14.88	-0.18
	12	13 8 52	$+30.25$	-15.80	$+45.05$	$+45.00$	$+0.01$	$+13.88$	-15.08	$+28.96$	$+29.21$	$+0.25$
	20	13 7 55	$+15.89$	-13.46	$+29.35$	$+29.33$	-0.02	$+18.40$	$+1.61$	$+16.79$	$+16.91$	$+0.12$
	26[2]	12 15 31	$+54.66$	-21.13	$+75.79$	$+75.87$	$+0.08$	$+2.96$	$+13.51$	-10.55	-10.64	-0.09

[1] In Vol. VI ist für 1903 Juni 18 die Distanz $s = 42''.22$ gegeben. Statt dessen muß es heißen $77''.22$.

[2] Die Beobachtung 1903 Sept. 26 ist irrtümlicherweise unter den Verbindungen Rhea-Tethys in Vol. VI publiziert worden.

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1903		$d(\varepsilon_1 \sin \pi_1)$	$d(\varepsilon_1 \cos \pi_1)$	$d\varepsilon_1$	$d\varepsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Mai	9	1.7363	1.5361_n	1.3193	1.5761	1.8263	+0".190
	10	1.9791	1.6051_n	1.7091_n	1.6010_n	1.4320_n	+0.180
	13	1.8025	1.6330_n	1.5002_n	1.5967	1.7569_n	−0.160
Juni	2	2.0221	0.7252_n	1.7141	1.4825_n	1.0581	+0.031
	3	1.7932	0.2433	1.2060_n	1.1427	1.2962	−0.250
	18	1.7635	0.5159_n	0.8962	1.5915	1.8843_n	−0.030
	20	2.0494	1.2492_n	1.7535_n	1.5101	1.4296_n	−0.072
	21	1.9348	1.1023	1.5810	1.3556_n	0.5947_n	−0.076
	29	1.7723	0.9588_n	0.9519	1.5132	1.4089_n	+0.115
	30	1.8814	1.6154_n	1.5733	1.5054_n	1.2569	+0.125
Juli	6	1.9321	1.2080	1.5753_n	1.4844_n	1.8860	+0.081
	7	1.7664	1.3492_n	1.1496_n	1.4714	1.9517_n	+0.197
	8	1.9657	1.6055_n	1.6788	1.2106_n	1.8734	+0.104
	9	2.0505	9.5142_n	1.7450_n	0.9832	1.4477_n	+0.102
	15	1.9523	1.5969_n	1.6590_n	1.3514_n	1.8755_n	−0.011
	18	1.7789	1.3507_n	1.2022_n	1.6082	1.5495_n	+0.053
	21	1.7952	0.8346	1.1443	1.6503_n	1.7590_n	+0.026
	23	2.0605	1.2036_n	1.7634_n	1.6394_n	0.9115	−0.101
	24	1.9773	1.2806	1.6510	1.5781	1.7895_n	+0.153
	27	2.0634	0.9053_n	1.7033	1.2197_n	1.5996	−0.005
	28	1.9468	1.3291	1.6061_n	0.4165	0.5188_n	+0.071
	30	1.9479	1.5594_n	1.6432	1.2534_n	0.5525_n	+0.037
Aug.	9	1.7661	1.0270_n	0.8698_n	1.6268_n	1.6173_n	+0.068
	17	1.8744	1.4685_n	1.5098_n	1.1374	0.6658_n	+0.200
	18	2.0600	0.9158_n	1.7597	1.2554_n	1.5669_n	−0.146
	20	1.7601	0.2117_n	8.9400_n	1.5291_n	1.9429_n	−0.161
	21	1.9733	1.4755_n	1.6650	1.5490	1.7968	+0.137
	22	2.0605	0.4444	1.7592_n	1.6327_n	0.9247_n	−0.117
	23	1.8874	1.4092	1.5217	1.6480	1.6059_n	−0.085
	24	1.7940	1.2338_n	1.2267	1.6515_n	1.7184	+0.023
Sept.	2	2.0474	1.1013	1.7465_n	0.9030	1.4989_n	+0.039
	3	1.8401	1.3830	1.4266	0.0592_n	0.7515_n	+0.082
	10	1.9667	1.4673	1.6587_n	1.6385_n	1.4145	−0.077
	11	1.7507	0.5231	0.2617	1.6430	1.7288_n	−0.116
	12	1.9354	1.4100	1.6070	1.6398_n	1.6538	−0.035
	20	2.0312	1.0159_n	1.7274	0.3992	1.7733	−0.206
	26	1.7563	0.7178_n	0.9329	1.5754	1.8801	−0.148

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1903		$d(\varepsilon_1 \sin \pi_1)$	$d(\varepsilon_1 \cos \pi_1)$	$d\varepsilon_1$	$d\varepsilon_2$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	$\frac{da}{a}$	r
Mai	9	0.3129	1.4820	1.1724_n	0.7265	1.2971	1.6703_n	1.5123	1.3546	0.7621_n	+0".045
	10	9.3421	1.2556	0.6617	0.5591_n	1.6878_n	1.1640	1.5514_n	1.2450_n	0.4528_n	−0.026
	13	9.8539_n	1.4451	1.1169	0.6218_n	1.4743_n	1.6173	1.5938	0.8547_n	1.3408_n	+0.037
Juni	2	0.9813	1.2353	0.7709	0.9713	1.6985	1.2226	1.4975_n	1.4249	1.3955	−0.075
	3	1.0683	1.4856	1.2093_n	1.0054_n	1.2345_n	1.6996_n	1.4629	1.4667_n	1.1212_n	−0.004
	18	0.9495	1.5236	1.2364	0.8045_n	1.0075	1.7223	1.5791	1.2570_n	0.9863_n	+0.099
	20	0.6309	1.2331	0.0135_n	0.9699_n	1.7325_n	9.5580_n	1.5030	1.4403_n	1.4366_n	+0.172
	21	1.1316	1.3991	1.1129	1.0712	1.5831	1.5788	1.3582_n	1.5498	1.2642	−0.104
	29	0.9303	1.5353	1.2459	0.9800	1.0637	1.7246	1.4850	1.4699	0.9179_n	−0.046
	30	0.6206_n	1.4664	1.1328_n	0.9021_n	1.5200	1.6361_n	1.5395_n	1.3922_n	1.3798	−0.005

1903	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	$\frac{da}{a}$	v
Juli 6	1.1173	1.4318	1.1398_n	1.0178	1.5815_n	1.5947_n	1.4605_n	1.4977	0.3904_n	−0".009
7	9.9121	1.5499	1.2455	1.0289_n	1.0054_n	1.7297	1.4460	1.5092_n	1.1358_n	−0.001
8	0.6976_n	1.3968	1.0101_n	1.1231	1.6367	1.5246_n	1.1796_n	1.6019	1.2953	−0.029
9	0.8771	1.2745	0.7022_n	1.1440_n	1.7289_n	1.0728_n	0.9405	1.6218_n	1.3048_n	−0.031
15	0.7589_n	1.4219	1.0566	1.0078_n	1.6125_n	1.5626	1.3456_n	1.5646_n	0.8218_n	+0.018
18	9.8689_n	1.5569	1.2515	0.8087	1.0672_n	1.7292	1.5910	1.2517	1.2747_n	+0.094
21	0.9160	1.5505	1.2575	9.5259_n	1.2213	1.7182	1.6327_n	9.7777	1.2965	+0.303
23	9.7767	1.2766	0.1274	0.6667	1.7365_n	0.8769	1.6099_n	1.1319	0.6562_n	−0.012
24	1.0707	1.4024	1.0757	0.9072_n	1.6491	1.5047	1.5410	1.4010_n	0.3171	−0.177
27	0.4084	1.2725	9.9232	1.1372	1.7394	0.0840_n	1.1352_n	1.6094	1.3774	+0.073
28	1.0784	1.4444	1.1351_n	1.1083_n	1.6100_n	1.5688_n	9.3267	1.6325_n	1.1281_n	−0.069
30	0.8512_n	1.4434	1.0935_n	1.1336_n	1.5919	1.5871_n	1.2823_n	1.5842_n	1.3253	+0.107
Aug. 9	0.4688_n	1.5806	1.2787	0.7260	0.5064_n	1.7369	1.5871_n	1.2620	1.0579	−0.192
17	0.8934_n	1.5165	1.2040	1.1573	1.4340_n	1.6737	1.2249	1.5918	1.2076_n	+0.181
18	9.9575_n	1.2893	0.1858_n	1.1410_n	1.7303	0.9142_n	1.3168_n	1.5692_n	1.4200	+0.177
20	0.0025	1.5868	1.2860	0.9992_n	0.5869	1.7333	1.5390_n	1.3904_n	1.0820	+0.072
21	0.9362_n	1.4229	1.0629_n	0.9700	1.6135	1.5503_n	1.5555	1.3518	0.4854	+0.141
22	0.3409	1.2904	0.2502_n	0.6549_n	1.7348_n	9.9979_n	1.6186_n	0.9133_n	0.6413_n	+0.007
23	0.9882	1.5053	1.1977	0.3381	1.5376	1.6197	1.6262	0.1507	0.6429_n	−0.099
24	0.6833_n	1.5709	1.2684_n	9.9726_n	1.0778	1.7232_n	1.6255_n	0.3376	1.3226	−0.179
Sept. 2	0.5976	1.3087	0.6206_n	1.1733_n	1.7260_n	0.8682_n	0.2758	1.6215_n	1.3275_n	−0.120
3	0.8887	1.5379	1.2327	1.1801	1.4589	1.6536	0.6707	1.6186	0.9383	−0.062
10	0.9354	1.4224	1.0611_n	0.4049_n	1.6563_n	1.4450_n	1.6176_n	9.7148_n	9.0514_n	+0.215
11	9.6069_n	1.5866	1.2856	9.9838	0.7928	1.7207	1.6148	0.5957$_n$	1.1726_n	+0.021
12	1.0206_n	1.4536	1.1291_n	0.2990	1.5403	1.6019_n	1.5973_n	1.0790	1.4656	+0.106
20	0.7913_n	1.3117	0.7385_n	1.1754	1.6857	1.2903_n	0.9919	1.5984	1.2280	+0.066
26	0.7050_n	1.5745	1.2761_n	0.8632	0.4622	1.7147_n	1.5863	1.0894	1.0268_n	+0.040

Normalgleichungen.

	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log. Hom. fakt.
$d(e_1 \sin \pi_1)$	20.378	−4.949	+0.182	−2.819	−0.204	+0.406	+0.114	−0.127	−1.350	+0.525	7.9366
$d(e_1 \cos \pi_1)$		27.039	+0.302	+0.854	+1.103	+3.647	+0.087	+0.257	−0.212	−1.811	8.3670
$d\epsilon_1$			18.842	+0.780	+0.167	+6.124	+1.164	+0.475	+3.424	+1.225	8.2366
$-d\epsilon_2$				21.088	+2.075	+0.447	+0.213	+5.134	−1.979	+2.287	8.3437
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$					16.815	−0.551	+0.989	+6.201	+3.331	+1.142	8.2606
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$						19.034	+3.470	+1.090	−0.972	−1.146	8.2631
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$							19.855	−0.396	−3.129	−2.752	8.3673
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$								15.691	+1.318	+1.115	8.3675
$\frac{da}{a}$									12.171	+1.835	8.0483

Auflösung Dione-Tethys 1903.

Mittlere Epoche 1903.518.

Korrektionen:

	Dione	Tethys
$\log d(e \sin \pi)$	6.5037	—
$\log d(e \cos \pi)$	7.1386_n	—
$\log de$	7.0272	7.4254_n
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.8407	7.4470
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	6.9062_n	6.1900_n
$\log \frac{da}{a}$	7.0921	

	Dione	w. F.	Tethys	w. F.
$d(e \sin \pi)$	+0.00032	±0.00016	—	—
$d(e \cos \pi)$	−0.00138	±0.00038	—	—
de	+3'.66	±1'.23	−0'.16	±1'.47
$d(\gamma \sin \theta_0)$	+2.38	±1.41	+9.62	±1.55
$d(\gamma \cos \theta_0)$	−2.77	±1.31	−0.53	±1.88

Epoche γ u. π, θ 1903 Aug. 5.0

$\frac{da}{a}$	+0.00124	±0.00030

(nn)	2.085
$(ev)_\epsilon$	0.507
$(ev)_\theta$	0.468
(vv)	0.975

Anzahl der Gl. 74
Summe der Gew. 74
w. F. einer Gl. +0".082

Korrigierte Elemente:

		Dione	w. F.	Tethys	w. F.
Sept. 0.0	l	145° 25′.3	±1′.2	268° 43′.3	±1′.5
	a	54″.611	±0″.016		
	e	0.00319			
Ep. 1903.590	π	141°.6			
Ep. 1903.590	Ω	168° 16′.78	±2′.89	167 43′.98	±3′.50
	i	28 4.76	±1.36	29 12.57	±1.74

Dione-Tethys 1904.

Beobachtung — Rechnung.

1904		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Juni	12	$20^h24^m46^s$	+53″.28	−42″.91	+96″.19	+96″.21	+0″.02	− 3″.84	+ 1″.96	− 5″.80	− 5″.86	−0″.06
	14	20 5 13	+ 8.44	−38.46	+46.90	+46.92	+0.02	+12.80	+ 4.85	+ 7.95	+ 7.96	+0.01
	17	19 47 1	+37.35	+23.29	+14.06	+14.06	0.00	+ 9.74	− 8.31	+18.05	+18.02	−0.03
	18	19 24 58	+ 8.88	−18.06	+26.94	+26.83	−0.11	−12.95	+ 8.88	−21.83	−21.94	−0.11
	22	19 4 5	−23.38	+12.03	−35.41	−35.30	+0.11	+12.01	+ 9.16	+ 2.85	+ 2.95	+0.10
	23	18 54. 3	+54.45	−18.83	+73.28	+73.17	−0.11	− 3.70	− 8.57	+ 4.87	+ 4.86	−0.01
Juli	3	18 12 10	−21.36	−35.70	+14.34	+14.43	+0.09	+12.62	+ 6.32	+ 6.30	+ 6.23	−0.07
	13	18 39 52	−34.14	+38.40	−72.54	−72.50	+0.04	−11.33	+ 5.05	−16.38	−16.43	−0.05
	14	19 13 8	− 8.93	−43.33	+34.40	+34.48	+0.08	+13.87	− 2.56	+16.43	+16.51	+0.08
	20	17 55 7	+46.87	−36.02	+82.89	+83.29	+0.40	+ 8.48	+ 6.68	+ 1.80	+ 1.73	−0.07
	26	17 30 43	+50.23	+ 7.04	+43.19	+43.17	−0.02	− 7.47	+10.43	−17.90	−18.08	−0.18
	31	17 19 50	+49.64	−40.07	+89.71	+90.08	+0.37	+ 7.80	− 4.85	+12.65	+12.71	+0.06
Aug.	3	16 20 30	+58.57	+45.60	+12.97	+13.08	+0.11	+ 0.68	+ 0.45	+ 0.23	+ 0.38	+0.15
	12	16 20 48	−11.68	+ 2.11	−13.79	−13.65	+0.14	−14.86	+11.04	−25.90	−25.81	+0.09
	15	15 39 3	−39.55	−22.47	−17.08	−17.20	−0.12	−11.24	− 9.54	− 1.70	− 1.75	−0.05
	16[1]	15 43 25	− 5.31	+29.85	−35.16	−35.06	+0.10	+15.16	+ 8.23	+ 6.93	+ 6.76	−0.17
	21	15 10 36	−55.01	−45.67	− 9.34	− 9.29	+0.05	+ 5.14	+ 0.38	+ 4.76	+ 4.64	−0.12
	23	15 30 32	−14.68	−41.55	+26.87	+26.86	−0.01	−14.96	+ 4.97	−19.93	−20.03	−0.10
	24[2]	14 46 31	−35.66	+39.75	−75.41	−75.20	+0.21	+12.20	− 5.83	+18.03	+17.99	−0.04
	28	15 15 58	+43.79	+10.78	+33.01	+32.96	−0.05	−10.30	−11.13	+ 0.83	+ 1.16	+0.33
Sept.	2	14 8 7	+51.95	+23.44	+28.51	+28.61	+0.10	+ 7.00	+ 9.63	− 2.63	− 2.49	+0.14
	5	14 57 40	+56.65	−42.50	+99.15	+99.03	−0.12	− 3.43	− 3.64	+ 0.21	+ 0.14	−0.07
	7	16 17 37	+13.13	−44.17	+57.30	+57.65	+0.35	+15.25	+ 2.70	+12.55	+12.54	−0.01
	10	14 23 37	+35.13	+39.32	− 4.19	− 4.28	−0.09	+12.45	− 5.88	+18.33	+18.58	+0.25
	11	13 50 47	+14.14	−36.58	+50.72	+50.93	+0.21	−15.27	+ 6.95	−22.22	−22.20	+0.02
	16	13 21 54	+56.29	+ 3.50	+52.79	+52.67	−0.12	− 3.10	−11.53	+ 8.43	+ 8.52	+0.09
	17	13 16 45	−45.19	+ 4.35	−49.54	−49.55	−0.01	− 9.68	+11.45	−21.13	−21.26	−0.13
	18	14 16 46	+ 9.45	−18.37	+27.82	+27.91	+0.09	+15.50	−10.41	+25.91	+25.84	−0.07
	21	13 44 39	+37.65	+35.17	+ 2.48	+ 2.83	+0.35	+11.79	+ 6.85	+ 4.94	+ 4.95	+0.01
	23	13 23 1	−47.98	+41.93	−89.91	−89.78	+0.13	+ 8.38	+ 3.53	+ 4.85	+ 4.80	−0.05
	25	13 37 26	−25.42	+44.14	−69.56	−69.88	−0.32	−14.07	− 1.10	−12.97	−12.96	+0.01
Okt.	1	14 4 43	−55.52	+13.41	−68.93	−69.15	−0.22	+ 2.32	−11.00	+13.32	+13.55	+0.23
	3	14 54 14	− 6.06	− 7.77	+ 1.71	+ 1.57	−0.14	−15.58	−11.24	− 4.34	− 4.22	+0.12
	4	12 19 11	−46.51	+ 0.31	−46.82	−46.73	+0.09	+ 8.64	+11.44	− 2.80	− 2.76	+0.04
	6	13 19 51	−29.76	+21.70	−51.46	−51.54	−0.08	−13.21	+ 9.79	−23.00	−23.11	−0.11
	7	11 44 6	−23.30	−20.38	− 2.92	− 2.70	+0.22	+14.11	− 9.98	+24.09	+23.92	−0.17
	9	12 55 39	−50.18	−37.11	−13.07	−13.14	−0.07	− 6.66	− 5.70	− 0.96	− 0.96	0.00
	10	11 46 18	+ 9.81	+37.63	−27.82	−27.77	+0.05	+15.25	+ 5.43	+ 9.82	+ 9.98	+0.16

[1] 1904 Aug. 16 ist der Positionswinkel um 30° zu ändern. Statt 257°.88 ist zu setzen 287°.88.

[2] 1904 Aug. 24 ist der Positionswinkel um 30° zu ändern. Statt 260°.44 ist zu setzen 290°.44.

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1904		$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v
Juni	12	1.7019	1.5736_n	1.2195_n	0.8465	1.9832	+0.″077
	14	1.7981	1.9592_n	1.7415	1.3131	1.6714	−0.125
	17	1.5275	1.9307_n	1.6217	1.5695_n	1.1480	−0.026
	18	1.8882	1.9051_n	1.7449_n	1.6018	1.4286	−0.087
	22	1.9158	1.8164_n	1.7102	1.6277	1.5478_n	−0.127
	23	1.7062	1.5693_n	1.1982_n	1.6018_n	1.8643	+0.011
Juli	3	1.9292	1.8262_n	1.7246	1.4305	1.1593	−0.095
	13	1.6470	1.9501_n	1.6699_n	1.3769	1.8603_n	+0.026
	14	1.9241	1.8922_n	1.7569	1.1126_n	1.5376	−0.031
	20	1.5321	1.8816_n	1.5377	1.4423	1.9200	+0.151
	26	1.8460	1.5408_n	1.4773_n	1.6536	1.6352	−0.135
	31	1.5397	1.8541_n	1.4913	1.3418_n	1.9546	+0.207
Aug.	3	1.6034	1.6336_n	0.4302	0.5345	1.1168	+0.057
	12	1.8830	1.9386_n	1.7598_n	1.6599	1.1352_n	+0.161
	15	1.6722	1.9175_n	1.0361_n	1.6004_n	1.2350_n	+0.032
	16	1.9524	1.8725_n	1.7651	1.5394	1.5449_n	−0.072
	21	1.7839	1.4672_n	1.2911	9.2994	0.9679_n	−0.006
	23	1.8797	1.9318_n	1.7532_n	1.2756	1.4292	+0.002
	24	1.9539	1.6138_n	1.6638	1.3494_n	1.8762_n	+0.212
	28	1.9174	1.5124_n	1.5871_n	1.6457_n	1.5180	+0.012
Sept.	2	1.5879	1.7660_n	1.4154	1.5891	1.4566	−0.078
	5	1.7394	1.4622_n	1.1034_n	1.1907_n	1.9958	−0.234
	7	1.8994	1.9076_n	1.7501	0.9745	1.7608	+0.101
	10	1.7476	1.9053_n	1.6600	1.3421_n	0.0312_n	−0.102
	11	1.9832	1.7713_n	1.7482_n	1.4183	1.7070	+0.161
	16	1.7316	1.4445_n	1.0531_n	1.6497_n	1.7215	−0.124
	17	1.6578	1.8465_n	1.5466_n	1.6482	1.6951_n	+0.030
	18	1.9222	1.8811_n	1.7506	1.6098_n	1.4457	−0.035
	21	1.7310	1.8824_n	1.6306	1.4352	0.4513	+0.186
	23	1.8671	1.3679_n	1.4810	1.1632	1.9532_n	+0.131
	25	1.8346	1.8991_n	1.7055_n	0.5135_n	1.8443_n	−0.150
Okt.	1	1.7099	1.4322_n	0.9202	1.6212_n	1.8398_n	−0.096
	3	1.9399	1.8401_n	1.7469_n	1.0343_n	0.1951	+0.003
	4	1.8713	1.3351_n	1.4907	1.6404	1.6696_n	−0.025
	6	1.8031	1.8815_n	1.6748_n	1.5771	1.7122_n	−0.013
	7	1.9777	1.6172_n	1.7032	1.5850_n	0.4309_n	+0.145
	9	1.6169	1.7438_n	1.3769_n	1.3514_n	1.1184_n	+0.017
	10	1.9228	1.8481_n	1.7364	1.3309	1.4436_n	−0.096

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1904		$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	$d(\gamma \sin \theta_{,,})_1$	$d(\gamma \cos \theta_{,,})_1$	$d(\gamma \sin \theta_{,,})_2$	$d(\gamma \cos \theta_{,,})_2$	v
Juni	12	1.3339	1.1005	$0.5140_{,,}$	$1.7338_{,,}$	$1.4981_{,,}$	1.4510	−0.″057
	14	0.9583	0.9924	1.7328	0.0748	$1.3118_{,,}$	1.3698	+0.089
	17	1.0206	1.2292	1.6816	$1.4119_{,,}$	$0.0123_{,,}$	$1.0204_{,,}$	−0.008
	18	1.0675	0.8418	$1.7039_{,,}$	$1.3214_{,,}$	0.8408	1.0242	−0.089
	22	1.1781	0.7843	1.6371	1.5257	1.5176	1.1380	+0.160
	23	1.3398	1.1361	0.4576_n	$1.7406_{,,}$	$1.5094_{,,}$	$1.3355_{,,}$	−0.079
Juli	3	1.1693	0.8234	1.6597	1.4993	$1.1005_{,,}$	1.0188	+0.025
	13	0.9738	1.2481	$1.7111_{,,}$	1.3549	1.6397	$0.0427_{,,}$	−0.079
	14	1.0798	0.9122	1.7184	1.3078	$1.6122_{,,}$	1.1075	+0.141
	20	1.0929	1.3262	1.6261	$1.5724_{,,}$	$1.0249_{,,}$	1.0361	−0.020

1904		$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Juli	26	1.3533	1.1185	1.2612_n	1.7296_n	1.5176	1.4684	−0.162
	31	1.1191	1.3548	1.5945	1.6106_n	1.6373_n	0.9366	+0.036
Aug.	3	1.3067	1.3362	1.1544	1.7396_n	1.5531	1.4162_n	+0.058
	12	0.9336	1.1318	1.7536_n	9.4961_n	1.4887	1.5009	+0.153
	15	0.9726	1.3317	1.6873_n	1.4606	1.6218_n	1.1497_n	−0.064
	16	1.0554	1.0822	1.7324	1.2164	1.6415	0.7400	−0.160
	21	1.3593	1.2664	0.8897	1.7465	1.5083_n	1.4777	−0.050
	23	0.9041	1.1708	1.7510_n	0.4582	1.2282_n	1.6088	−0.018
	24	1.2914	1.0435	1.5640	1.6297	1.1222	1.6226_n	−0.114
	28	1.3359	1.1294	1.4484_n	1.6884_n	1.3407_n	1.5799_n	+0.228
Sept.	2	1.1199	1.4084	1.5372	1.6444_n	1.6268	1.0310	+0.093
	5	1.3426	1.3337	0.1086_n	1.7472_n	1.5975_n	1.2599	−0.080
	7	0.8858	1.1753	1.7448	0.2579_n	1.3735_n	1.5621	+0.037
	10	0.8765	1.3334	1.6964	1.3916_n	1.0598	1.6212_n	+0.142
	11	1.1246	1.0307	1.7010_n	1.3759_n	0.8211_n	1.6313	+0.083
	16	1.3298	1.3532	9.5859_n	1.7420_n	1.4581_n	1.5062_n	−0.017
	17	0.9812	1.3959	1.6176_n	1.5593	1.5300	1.4221	−0.058
	18	0.8926	1.1572	1.7394	0.1117	1.6083_n	1.1477_n	−0.112
	21	0.8716	1.3563	1.6729	1.4454_n	1.6252	0.8410	−0.029
	23	1.3393	1.2372	1.3022	1.7049	1.5748	1.3053_n	−0.072
	25	0.7950	1.2768	1.7195_n	1.1779	1.4183	1.5249_n	−0.030
Okt.	1	1.3017	1.3745	0.2083_n	1.7316	1.3362_n	1.5583_n	+0.178
	3	0.8975	1.1411	1.7308_n	0.5681_n	1.5579_n	1.3321_n	+0.083
	4	1.3270	1.2370	1.3315	1.6918	1.5047	1.4342	+0.110
	6	0.7695	1.3097	1.0960_n	1.3078	1.6141	0.8842	−0.070
	7	1.1872	1.0600	1.6427	1.4820	1.6109_n	0.9506_n	−0.193
	9	1.0536	1.3869	1.4868_n	1.6396	1.5954_n	1.1308	+0.043
	10	0.8427	1.1654	1.7256	0.6945_n	1.5900	1.1062_n	+0.123

Normalgleichungen.

	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n	Log. Hon. fakt.
$d(e_1 \sin \pi_1)$	19.728	−16.179	+2.857	+2.133	+0.858	+0.496	−0.406	−0.414	+0.370	+1.363	8.0168
$d(e_1 \cos \pi_1)$		20.610	−2.218	−3.119	−1.514	+0.149	−0.381	−0.045	+0.162	−1.160	8.0408
$d\epsilon_1$			20.559	−0.621	+0.529	—	—	—	—	+2.436	8.2349
$-d\epsilon_2$				18.327	−1.908	—	—	—	—	+1.567	8.3401
$\frac{da}{a}$					10.000	—	—	—	—	−0.676	8.0042
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						20.461	+0.635	−1.845	−1.548	−0.363	8.2464
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							16.102	+1.906	+0.722	−0.642	8.2528
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								20.553	−0.405	+0.239	8.3585
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									17.111	−1.051	8.3687

Auflösung Dione-Tethys 1904.

Korrektionen:

	Dione	Tethys
$\log d(e \sin \pi)$	6.7160	
$\log d(e \cos \pi)$	5.4537	—
$\log d\epsilon$	7.2987	7.2296_n
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.5771_n	6.4696_n
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	6.8151_n	7.1652
$\log \frac{da}{a}$		6.8033_n

Mittlere Epoche 1904.638.

	Dione	w. F.	Tethys	w. F.
$d(e \sin \pi)$	+0.00052	±0.00031	—	—
$d(e \cos \pi)$	+0.00003	±0.00032	—	—
$d\epsilon$	+6.84	±1.02	−5.83	±1.41
$d(\gamma \sin \theta_0)$	−1.30	±1.05	−1.01	±1.36
$d(\gamma \cos \theta_0)$	−2.25	±1.21	+5.03	±1.52

Epoche von π, θ 1905 Juli 1.0

$$\frac{da}{a} \begin{cases} -0.00064 \pm 0.00025 = +0.00136 \pm 0.00025 \\ +0.00200 \end{cases}$$

(nn)	1.502
$(vv)_\epsilon$	0.476
$(vv)_\gamma$	0.416
(vv)	0.892

Anzahl der Gl. 76

Anzahl der Gew. 76

w. F. einer Gl. ±0.0078

Korrigierte Elemente:

		Dione	w. F.	Tethys	w. F.
Sept. 0.0	l	47° 16!7	±1!0	224° 3!0	±1!4
	u	54°617	±0°014		
	e	0.00201			
Ep. 1904.660	π	142°5			
Ep. 1904.638	Ω	168° 8!50	±2!40	165° 55!02	±3!06
	i	28 2.66	±1.14	28 6.15	±1.44

Dione-Tethys 1905 – 1906.

Beobachtung — Rechnung.

1905		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Juli	9	$18^h35^m17^s$	+11".76	+35".55	− 23".79	− 24".12	−0".33	− 8".59	−3".33	− 5".26	− 5".52	−0".26
	17	17 24 22	+41.46	−18.43	+ 59.89	+ 59.83	−0.06	− 6.34	−0.29	− 0.05	+ 0.07	+0.12
	18	18 6 5	−57.99	+29.29	− 87.28	− 87.44	−0.16	− 0.07	+5.49	− 5.56	− 5.54	+0.02
	25	17 2 10	+56.46	−43.60	+100.06	+100.33	+0.27	− 2.45	+1.33	− 3.78	− 3.97	−0.19
	26	17 49 37	−51.03	+37.82	− 88.85	− 89.09	−0.24	− 4.58	−3.26	− 1.32	− 1.55	−0.23
Aug.	1	18 44 42	−41.14	−12.59	− 28.55	− 28.72	−0.17	+ 6.83	−6.98	+13.81	+13.65	−0.16
	3	17 37 14	−31.56	−21.93	− 9.63	− 9.66	−0.03	− 8.19	−6.60	− 1.59	− 1.63	−0.04
	5	18 17 53	+51.31	−37.87	+ 89.18	+ 89.22	+0.04	− 4.84	−4.67	− 0.17	− 0.06	+0.11
	21	16 41 8	+49.32	+26.38	+ 22.94	+ 23.30	+0.36	+ 5.73	+6.74	− 1.01	− 1.09	−0.08
	23	17 17 16	−35.83	+40.47	− 76.30	− 76.46	−0.16	+ 8.30	+4.39	+ 3.91	+ 3.89	−0.02
	27	15 57 39	+50.27	+46.12	+ 4.15	+ 4.13	−0.02	− 5.63	+0.25	− 5.88	− 5.92	−0.04
	31	15 55 25	−56.21	+31.86	− 88.07	− 88.48	−0.41	+ 3.29	−5.25	+ 8.54	+ 8.36	−0.18
Sept.	3	15 23 12	−38.00	−12.39	− 25.61	− 25.44	+0.17	+ 8.25	+7.55	+ 0.70	+ 0.78	+0.08
	7	15 36 33	+46.74	+22.49	+ 24.25	+ 24.30	+0.05	− 6.69	+7.47	−14.16	−14.25	−0.09
	8	14 41 7	−56.62	−24.83	− 31.79	− 31.82	−0.03	− 3.04	−7.28	+ 4.24	+ 4.24	0.00
	9	16 1 24	+32.22	+37.22	− 5.00	− 4.89	+0.11	+ 9.18	+5.41	+ 3.77	+ 3.80	+0.03
	15	15 20 4	+57.99	+42.12	+ 15.87	+ 15.90	+0.03	− 1.75	−2.57	+ 0.82	+ 0.77	−0.05
	16	14 29 38	−41.95	−40.70	− 1.25	− 1.51	−0.26	− 7.80	+3.13	−10.93	−10.89	+0.04
	18	15 52 26	+40.23	−23.06	+ 63.29	+ 63.27	−0.02	− 8.15	+6.83	−14.98	−14.87	+0.11
	24	13 56 56	−15.52	+14.70	− 30.22	− 30.46	−0.24	−10.88	+8.23	−19.11	−19.11	0.00
	25	14 9 9	−30.58	−23.54	− 7.04	− 7.11	−0.07	+ 9.57	−7.62	+17.19	+17.36	+0.17
	26	13 47 41	+57.53	+28.62	+ 28.91	+ 28.83	−0.08	− 1.59	+7.05	− 8.64	− 8.57	+0.07
	30	13 26 0	−57.21	+44.34	−101.55	−102.02	−0.47	− 1.58	+2.33	− 3.91	− 3.77	+0.14
Okt.	1	13 19 47	+31.72	−45.08	+ 76.80	+ 76.78	−0.02	+ 9.45	−0.88	+10.33	+10.33	0.00
	4	13 49 35	+54.34	+36.64	+ 17.70	+ 17.72	+0.02	+ 3.71	−4.31	+ 8.02	+ 7.99	−0.03
	5	13 44 5	−21.20	−31.52	+ 10.32	+ 10.15	−0.17	−10.57	+5.54	−16.11	−16.03	+0.08
	7	13 11 50	+56.05	−20.62	+ 76.67	+ 76.77	+0.10	− 2.39	+7.23	− 9.62	− 9.52	+0.10
	8	12 46 29	−44.51	+15.35	− 59.86	− 60.15	−0.29	− 7.15	−7.77	+ 0.62	+ 0.43	−0.19
	14	12 16 43	−50.16	−28.67	− 21.49	− 21.50	−0.01	+ 5.26	−7.01	+12.27	+12.11	−0.16
	16	12 17 12	−20.14	−38.90	+ 18.76	+ 18.70	−0.06	−10.60	−4.71	− 5.89	− 6.03	−0.14
	17	12 53 4	−23.08	+43.02	− 66.10	− 66.09	+0.01	+10.30	+2.61	+ 7.69	+ 7.61	−0.08
	30	11 44 54	−47.73	+19.94	− 67.67	− 67.72	−0.05	− 5.65	+7.83	−13.48	−13.50	−0.02
1906												
Juli	30	18 26 34	+10.88	−44.24	+ 55.12	+ 55.24	+0.12	− 3.74	+0.42	− 4.16	− 4.12	+0.04
Aug.	15	17 18 43	+56.39	+46.42	+ 9.97	+ 9.98	+0.01	− 1.40	+0.66	− 2.06	− 2.14	−0.08
	18	16 28 0	+39.34	−42.68	+ 82.02	+ 82.05	+0.03	− 3.38	+1.21	− 4.59	− 4.47	+0.12
	22	16 55 2	−47.42	−15.86	− 31.56	− 31.48	+0.08	+ 2.81	+3.91	− 1.10	− 1.15	−0.05
Sept.	5	16 19 56	−13.79	+37.78	− 51.57	− 51.51	+0.06	+ 5.03	−2.43	+ 7.46	+ 7.41	−0.05
	6	16 45 52	+51.46	−29.83	+ 81.29	+ 81.35	+0.06	− 2.68	+3.40	− 6.08	− 6.06	+0.02
	12	16 43 5	−10.44	+19.43	− 29.87	− 30.10	−0.23	− 5.37	+4.72	−10.09	−10.09	0.00
	19	14 44 42	+20.86	−46.37	+ 67.23	+ 67.31	+0.08	+ 5.31	−0.98	+ 6.29	+ 6.43	+0.14
	21	14 52 1	−57.81	−44.58	− 13.23	− 13.08	+0.15	+ 1.39	+1.07	+ 0.32	+ 0.25	−0.07
Okt.	7	14 14 34	−42.54	+45.83	− 88.37	− 88.42	−0.05	− 4.26	+0.04	− 4.30	− 4.39	−0.09
	12	13 50 38	+17.95	−26.59	+ 44.54	+ 44.49	−0.05	− 5.94	+4.33	−10.27	−10.24	+0.03
	13	13 29 38	−54.35	+21.18	− 75.53	− 75.55	−0.02	+ 2.29	−4.79	+ 7.08	+ 7.12	+0.04
	14	12 58 34	+50.80	−16.35	+ 67.15	+ 67.47	+0.32	+ 3.06	+5.11	− 2.05	− 1.75	+0.30

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1905		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v	1905		f	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v
Juli	9	0.0000	1.7505_n	1.4362_n	1.3823_n	−0.″695	Okt.	1	0.0000	1.6824	9.8141_n	1.8852	−0.″228
	17	0.0000	1.6092_n	1.6163_n	1.7769	−0.022		4	0.0000	1.2743	1.4146_n	1.2485	+0.025
	18	0.0000	9.6470_n	1.5383	1.9417_n	+0.028		5	0.0000	1.7282_n	1.5038	1.0063	−0.086
	25	0.0000	1.1860_n	1.1266	2.0014	+0.110		7	0.0000	1.0820_n	1.5986	1.8852	−0.042
	26	0.0000	1.4564_n	1.4083_n	1.9498_n	+0.081		8	0.0000	1.5568_n	1.6229_n	1.7792_n	−0.001
Aug.	1	0.0000	1.6212	1.6447_n	1.4582_n	−0.089		14	0.0000	1.4206	1.5285_n	1.3325_n	+0.065
	3	0.0000	1.6968_n	1.6062_n	0.0851_n	+0.175		16	0.0000	1.7240_n	1.3208_n	1.2719	+0.063
	5	0.0000	1.4648_n	1.4170_n	1.9505	−0.026		17	0.0000	1.7111	0.9861	1.8202_n	+0.085
	21	0.0000	1.5145	1.5703	1.3674	+0.244		30	0.0000	1.4483_n	1.5832	1.8307_n	+0.142
	23	0.0000	1.6721	1.3489	1.8834_n	−0.069	1906						
	27	0.0000	1.4975_n	0.4661_n	0.6156	+0.075	Juli	30	0.0000	1.7616_n	1.0716	1.7422	+.0118
	31	0.0000	1.2592	1.5243	1.9468_n	−0.168	Aug.	15	0.0000	1.2812_n	0.2223	0.9993	−0.010
Sept.	3	0.0000	1.6540	1.6476	1.4055_n	+0.130		18	0.0000	1.6526_n	1.2684	1.9141	−0.022
	7	0.0000	1.5578_n	1.6039	1.3856	+0.060		22	0.0000	1.5584	1.6420	1.4980_n	−0.012
	8	0.0000	1.2141_n	1.5883_n	1.5027_n	+0.154	Sept.	5	0.0000	1.7647	1.4410_n	1.7119_n	−0.026
	9	0.0000	1.6921	1.4313	0.6892_n	+0.040		6	0.0000	1.4885_n	1.5564	1.9104	−0.024
	15	0.0000	0.9653_n	1.2549_n	1.2014	+0.079		12	0.0000	1.7713_n	1.6283	1.4786_n	−0.149
	16	0.0000	1.6131_n	1.3205	0.1800_n	−0.164		10	0.0000	1.7465	0.6705_n	1.8281	−0.128
	18	0.0000	1.6290_n	1.5958	1.8012	−0.082		21	0.0000	1.1611	1.1270	1.1165_n	+0.095
	24	0.0000	1.7496_n	1.6333	1.4837_n	−0.076	Okt.	7	0.0000	1.6106_n	0.4877_n	1.9466_n	+0.079
	25	0.0000	1.6928	1.5889	0.8520_n	−0.064		12	0.0000	1.7467_n	1.5698	1.6482	−0.054
	26	0.0000	0.9124_n	1.5460	1.4599	−0.127		13	0.0000	1.3307	1.6066_n	1.8782_n	−0.008
	30	0.0000	0.9057_n	0.9249	2.0087_n	−0.206		14	0.0000	1.4559	1.6287	1.8291	+0.145

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1905		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	v
Juli	9	0.0000	1.7323	1.2517	1.6154_n	1.2082_n	−0.″201
	17	0.0000	1.7435	1.1741_n	1.3936_n	1.5709	+0.157
	18	0.0000	1.4575	1.6932	1.1215	1.6307_n	+0.023
	25	0.0000	1.6182_n	1.6038_n	1.5416	1.4559	−0.245
	26	0.0000	0.1747	1.7615	1.6206_n	1.2313_n	−0.146
Aug.	1	0.0000	1.7490	1.1342	1.4596_n	1.5430	−0.091
	3	0.0000	1.4161_n	1.7155	1.3086_n	1.6074	+0.024
	5	0.0000	1.7052	1.4555	0.5676	1.6567	+0.109
	21	0.0000	0.3495	1.7650_n	1.1481	1.6363_n	−0.131
	23	0.0000	1.7622	0.7814	0.8327_n	1.6531_n	−0.005
	27	0.0000	1.7169_n	1.4187	1.4798	1.5315_n	−0.019
	31	0.0000	1.6446	1.5774	1.6555_n	0.6061_n	−0.090
Sept.	3	0.0000	1.7582	0.9370	1.6194	1.2543_n	+0.039
	7	0.0000	1.7349	1.3115_n	1.2164	1.6247_n	−0.129
	8	0.0000	1.1966	1.7466	1.1403_n	1.6341	+0.063
	9	0.0000	1.3804	1.7187	0.4705	1.6540_n	+0.008
	15	0.0000	1.5766_n	1.6395_n	1.6654_n	1.3002_n	−0.013
	16	0.0000	1.0970_n	1.7566	1.6192	1.2289	+0.019
	18	0.0000	1.7514	1.6559_n	1.6441	0.9163_n	+0.045
	24	0.0000	1.5868_n	1.6253	1.3387	1.5896_n	−0.010
	25	0.0000	1.7551	0.4976_n	1.1092_n	1.6298	+0.275
	26	0.0000	1.5661_n	1.6385_n	0.8294	1.6429_n	+0.038
	30	0.0000	1.3680	1.7130	1.3697_n	1.5745_n	+0.203
Okt.	1	0.0000	1.3055	1.7121	1.4714	1.5162	−0.050

1905		f'	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$d(\gamma \cos\theta_o)_2$	v
Okt.	4	0.0000	1.1161_n	1.7301_n	1.6353_n	0.0360_n	+0.002
	5	0.0000	1.5189_n	1.6603	1.6430	0.0457	+0.046
	7	0.0000	1.5979_n	1.6007_n	1.6239	1.0913_n	+0.026
	8	0.0000	0.7896_n	1.7467	1.6025_n	1.2487	−0.096
	14	0.0000	1.6850	1.4338	0.5496_n	1.6302	−0.117
	16	0.0000	1.5141_n	1.6523	1.1030	1.6167	−0.125
	17	0.0000	1.7366	0.9370_n	1.3695_n	1.5000_n	−0.049
	30	0.0000	0.5421	1.7334	1.6260	1.6121_n	−0.001
1906							
Juli	30	0.0000	1.4276_n	1.7170	1.5218	1.4060_n	−0.008
Aug.	15	0.0000	1.7731_n	0.4546	1.6090_n	1.3468	−0.022
	18	0.0000	1.6989_n	1.5100	1.4293	1.5770_n	+0.063
	22	0.0000	1.7420	1.3300_n	0.9781_n	1.6581_n	−0.030
Sept.	5	0.0000	1.4287	1.7174_n	1.2088_n	1.6407	−0.000
	6	0.0000	1.7605_n	1.2000	0.6862	1.6058_n	−0.014
	12	0.0000	0.7408_n	1.7743	1.6008_n	1.3793_n	+0.097
	19	0.0000	0.7330_n	1.7711_n	1.6057	1.3601_n	+0.042
	21	0.0000	1.7731	0.0820	1.4517	1.5040_n	−0.090
Okt.	7	0.0000	1.4840	1.6992	1.5328_n	1.4829	+0.024
	12	0.0000	1.4950_n	1.6920	0.3808_n	1.6566_n	+0.041
	13	0.0000	1.7608	0.8468_n	0.9432	1.6485	+0.068
	14	0.0000	1.6210_n	1.6038_n	1.1445_n	1.6345_n	+0.282

Normalgleichungen.

Dione-Tethys 1905. *x.*

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hem. fakt.
f	32.000	−3.795	+0.589	−2.094	−1.790	
$d\epsilon_1$		12.840	+0.127	−1.466	+1.567	8.2287
$-d\epsilon_2$			16.607	+1.097	+0.878	8.3524
$\frac{da}{a}$				9.345	+0.134	7.9913

Dione-Tethys 1906. *x.*

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hem. fakt.
f	13.000	−1.586	+3.866	+1.152	+0.340	
$d\epsilon_1$		0.946	−2.011	−1.149	+0.736	8.2287
$-d\epsilon_2$			5.729	+2.479	−0.260	8.3524
$\frac{da}{a}$				4.401	−0.454	7.9913

Dione-Tethys 1905—1906. *y.*

	f'	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$	n	Log Hem fakt
f'	45.000	−3.149	+4.400	−1.756	−6.817	−0.340	--
$d(\gamma \sin\theta_o)_1$		21.022	+1.218	−1.689	+2.771	−0.735	8.2217
$d(\gamma \cos\theta_o)_1$			20.399	−2.303	+0.737	−0.000	8.2198
$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$				16.403	−2.262	+1.406	8.3244
$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$					24.541	−0.737	8.3268

Auflösung Dione-Tethys 1905. x.

Mittlere Epoche 1905.686.

Korrektionen:			Dione	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f$	8.6310$_n$	f	−0".043	±0".015			$(nn)_x$ 0.717
$\log de_{Di}$	7.2730	de	+6'.45	±1'.36	−4'.09	±1'.57	
$\log de_{Te}$	7.0720$_n$						$(vv)_x$ 0.419
$\log \frac{da}{a}$	6.1948	$\frac{da}{a}$	+0.00016 ± 0.00027 = +0.00216 ± 0.00027				Anzahl der Gl. 32
			+0.00200				Anzahl der Gew. 32

w. F. einer Gl. ±0".082

Korrigierte Elemente:

	a	54".661	±0".015			
	e	(0.00250)				
Ep. 1905.686	π	203°.9				
Sept. 0.0	l	177° 34'.7	±1'.4	348° 39'.4	±1'.6	

Auflösung Dione-Tethys 1906. x.

Mittlere Epoche 1906.699.

Korrektionen:			Dione	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f$	8.6351	f	+0".043	±0".019			$(nn)_x$ 0.226
$\log de_{Di}$	7.2524	de	+6'.15	±1'.55	−1'.15	±2'.72	
$\log de_{Te}$	6.5246$_n$						$(vv)_x$ 0.095
$\log \frac{da}{a}$	6.9694$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00093 ± 0.00037 = +0.00107 ± 0.00037				Anzahl der Gl. 13
			+0.00200				Anzahl der Gew. 13

w. F. einer Gl. ±0".069

Korrigierte Elemente:

	a	54".601	±0".020			
	e	(0.00250)				
Ep. 1906.699	π	208°.7				
Sept. 0.0	l	307° 50'.9	±1'.6	113° 17'.4	±2'.7	

Auflösung Dione-Tethys 1905—1906. y.

Mittlere Epoche 1905.979.

Korrektionen:			Dione	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f'$	7.9067$_n$	f'	−0".008	±0".011			$(nn)_y$ 0.649
$\log d(\gamma \sin \theta_o)_{Di}$	6.6400$_n$						
$\log d(\gamma \cos \theta_o)_{Di}$	6.4404$_n$	$d(\gamma \sin \theta_o)$	−1'.50	±0'.95	−5'.58	±1'.37	$(vv)_y$ 0.496
$\log d(\gamma \sin \theta_o)_{Te}$	7.2102$_n$	$d(\gamma \cos \theta_o)$	−0.95	±0.96	+1.59	±1.14	Anzahl der Gl. 45
$\log d(\gamma \cos \theta_o)_{Te}$	6.6638	Epoche von θ 1905 Juli 1.0					Anzahl der Gew. 45

w. F. einer Gl. ± 0".075

Korrigierte Elemente:

Ep. 1906.000	Ω	168° 10'.88	±2'.02	168° 35'.53	±2'.80	
	i	28 3.38	±0.96	26 57.11	±1.25	

Die Auflösung der Normalgleichungen Dione-Tethys in x, vereinigt für die Jahre 1905 und 1906, ergab folgende Elementenkorrektionen:

f	$-0''.024$	$\pm 0''.013$
$d\epsilon_{IX}$	$+6.63$	± 1.11
$d\epsilon_{X}$	-3.68	± 1.40
da	-0.00015 ± 0.00023	
a	$+0.00200$	

Dione-Tethys 1907—1908.

Beobachtung — Rechnung.

1907	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Aug. 4	$19^h15^m26^s$	$-45''.19$	$-45''.44$	$+0''.25$	$+0''.12$	$-0''.13$	$+1''.33$	$+0''.47$	$+0''.86$	$+0''.79$	$-0''.07$
6	18 22 47	+45.09	−42.50	+ 88.49	+ 88.38	−0.11	+2.27	+0.20	+ 1.07	+ 1.30	+0.23
7	18 4 29	−57.84	+39.56	− 97.40	− 97.73	−0.33	+0.41	−0.04	+ 0.45	+ 0.49	+0.04
18	18 26 44	−59.74	+41.18	−100.92	−101.17	−0.25	+0.07	−0.04	+ 1.01	+ 0.85	−0.16
20	15 51 46	+23.39	+41.62	− 18.23	− 18.34	−0.11	+1.52	−0.91	+ 2.43	+ 2.41	−0.02
25	16 44 53	+59.20	−39.03	+ 98.23	+ 98.37	+0.14	+0.26	+0.23	+ 0.03	+ 0.12	+0.09
26	16 35 55	−46.42	+34.20	− 80.62	− 80.88	−0.26	+0.93	−0.10	+ 1.03	+ 1.05	+0.02
Sept. 5	16 10 23	+58.64	−39.86	+ 98.50	+ 98.40	−0.10	+0.27	+0.73	− 0.46	− 0.34	+0.12
6	15 56 47	−49.29	+43.34	− 92.63	− 92.85	−0.22	+0.01	−0.74	+ 1.35	+ 1.28	−0.07
8	16 21 40	+38.88	+47.30	− 8.42	− 8.67	−0.25	+0.75	−0.68	+ 1.43	+ 1.40	−0.03
12	15 50 6	−50.70	+36.20	− 86.90	− 87.04	−0.14	−0.45	−0.47	+ 0.02	+ 0.07	+0.05
13	15 44 9	+58.44	−30.35	+ 88.79	+ 88.93	+0.14	−0.20	+0.30	− 0.60	− 0.55	+0.05
14	15 45 30	−26.88	+22.91	− 49.79	− 50.19	−0.40	+0.66	−0.31	+ 0.97	+ 1.03	+0.06
20	15 36 56	−60.49	−26.87	− 33.62	− 33.65	−0.03	−0.04	+0.28	− 0.32	− 0.21	+0.11
29	16 44 14	+26.15	+30.16	− 4.01	− 3.86	+0.15	−0.15	−0.76	+ 0.61	+ 0.55	−0.06
30	14 44 24	+33.44	−33.27	+ 66.71	+ 66.59	−0.12	+0.11	+0.80	− 0.69	− 0.66	+0.03
Okt. 1	15 12 40	−59.54	+23.79	− 83.33	− 83.46	−0.13	−0.02	−0.75	+ 0.73	+ 0.75	+0.02
2	14 14 58	+44.04	−21.52	+ 65.56	+ 65.94	+0.38	−0.04	+0.74	− 0.78	− 0.81	−0.03
6	15 34 54	−39.21	+21.00	− 60.21	− 60.36	−0.15	−0.06	+0.19	− 0.25	− 0.40	−0.15
9	15 16 4	−57.74	−39.08	− 18.66	− 18.81	−0.15	−0.05	+0.25	− 0.30	− 0.21	+0.09
10	15 4 48	+24.53	+42.74	− 18.21	− 18.14	+0.07	+0.19	−0.39	+ 0.58	+ 0.49	−0.09
15	14 11 25	−40.78	−43.26	+ 2.48	+ 2.68	+0.20	+0.26	+0.97	− 0.71	− 0.60	+0.11
16	14 26 13	+59.76	+38.28	+ 21.48	+ 21.35	−0.13	0.00	−1.05	+ 1.05	+ 1.12	+0.07
19	12 31 51	+54.18	−28.63	+ 82.81	+ 83.09	+0.28	−0.20	+1.11	− 1.31	− 1.40	−0.09
26	12 58 30	−39.73	−30.19	− 9.54	− 9.59	−0.05	+0.47	−0.24	+ 0.71	+ 0.77	+0.06
30	12 40 5	+49.47	−45.42	+ 94.89	+ 94.79	−0.10	−0.38	+0.58	− 0.96	− 0.88	+0.08
Nov. 16	11 59 38	−15.40	−43.86	+ 28.46	+ 28.36	−0.10	−0.85	+0.50	− 1.35	− 1.26	+0.09
1908											
Aug. 29	17 1 6	+23.26	−43.74	+ 67.00	+ 66.83	−0.17	+7.06	−1.90	+ 8.96	+ 8.95	−0.01
30	16 54 11	−57.61	+40.13	− 97.74	− 97.73	+0.01	−2.35	+2.94	− 5.29	− 5.32	−0.03
31	17 30 43	+53.96	−31.96	+ 85.92	+ 86.14	+0.22	−3.42	−4.41	+ 0.99	+ 0.82	−0.17
Sept. 1	17 14 8	−13.94	+26.46	− 40.40	− 40.75	−0.35	+7.30	+5.07	+ 2.32	+ 2.33	+0.01
3	16 31 14	+60.61	+14.77	+ 45.84	+ 45.79	−0.05	+0.34	+5.09	− 5.05	− 5.51	+0.14
6	17 3 42	+46.39	+15.03	+ 31.36	+ 31.47	+0.11	+4.82	−0.31	+11.13	+11.32	+0.19
8	16 25 41	+30.29	+27.25	+ 3.04	+ 3.26	+0.22	−6.30	−5.66	− 0.70	− 0.64	+0.15
12	16 16 17	−16.40	+46.47	− 62.87	− 63.06	−0.19	+7.01	−2.04	+ 9.05	+ 9.08	+0.03
23	16 0 8	−22.72	+10.77	− 33.49	− 33.58	−0.09	+6.41	−0.02	+12.43	+12.30	−0.13
29	16 20 1	−61.50	+47.30	−108.80	−108.82	−0.02	−0.33	−1.57	+ 1.24	+ 1.29	+0.05
30	15 17 22	+38.50	−47.62	+ 86.12	+ 86.22	+0.10	−5.15	+1.33	− 0.48	− 0.52	−0.04
Okt. 3	15 0 42	+58.45	+44.26	+ 14.19	+ 14.23	+0.04	−1.98	+1.70	− 3.68	− 3.49	+0.19
4	14 54 57	−24.40	−40.34	+ 15.94	+ 15.74	−0.20	+5.95	−2.62	+ 8.57	+ 8.47	−0.10
5	14 41 20	−27.48	+35.80	− 63.28	− 63.40	−0.12	−5.75	+3.36	− 9.11	− 8.92	+0.19
7	14 57 46	−52.36	+19.91	− 72.27	− 72.54	−0.27	+3.35	+4.89	− 1.54	− 1.59	−0.05
14	15 4 31	+60.29	+37.54	+ 22.75	+ 22.80	+0.05	−1.02	−3.81	+ 2.79	+ 2.96	+0.17

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1907		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v	1907		f	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v
Aug.	4	0.0000	1.5773_n	0.8068	0.0865	+0.013	Okt.	16	0.0000	9.5865_n	1.4275_n	1.3204	−0.059
	6	0.0000	1.5675_n	1.2461	1.9464	−0.111		19	0.0000	1.3966_n	1.5649	1.9195	+0.203
	7	0.0000	1.0799_n	1.3733_n	1.9900_n	−0.083		26	0.0000	1.6412	1.5437_n	0.9818_n	−0.066
	18	0.0000	0.3861_n	1.4411	2.0051_n	−0.128		30	0.0000	1.5041_n	0.8412_n	1.9767	−0.068
	20	0.0000	1.7421_n	1.3278	1.2635_n	+0.085	Nov.	16	0.0000	1.7437_n	0.9593_n	1.4527	+0.093
	25	0.0000	1.0154_n	1.4160	1.9929	+0.021	1908						
	26	0.0000	1.5850_n	1.5082_n	1.9079_n	+0.074	Aug.	29	0.0000	1.7473_n	1.2485	1.8250	−0.061
Sept.	5	0.0000	1.1758_n	1.4045_n	1.9930	−0.090		30	0.0000	1.2709	1.3974_n	1.9900_n	+0.097
	6	0.0000	1.5485_n	1.2750	1.9678_n	+0.002		31	0.0000	1.4359	1.5423	1.9352	+0.039
	8	0.0000	1.6681_n	0.0201_n	0.0370_n	−0.048	Sept.	1	0.0000	1.7720_n	1.5942_n	1.6102_n	−0.038
	12	0.0000	1.5215	1.4851_n	1.9397_n	−0.037		3	0.0000	0.4408_n	1.6541_n	1.6608	+0.083
	13	0.0000	1.2038	1.5096	1.9490	−0.074		6	0.0000	1.5904_n	1.6542	1.4979	+0.117
	14	0.0000	1.7368_n	1.6178_n	1.7006_n	−0.031		8	0.0000	1.7226	1.5916	0.5128	−0.012
	20	0.0000	0.7117	1.5913_n	1.5270_n	+0.121		12	0.0000	1.7713_n	1.0406	1.7998_n	+0.005
	29	0.0000	1.7359	1.5611_n	0.5866_n	+0.090		23	0.0000	1.7576_n	1.6697	1.5261_n	−0.008
	30	0.0000	1.7034_n	1.5256	1.8234	−0.078		29	0.0000	0.4844	0.9114	2.0367_n	+0.027
Okt.	1	0.0000	1.0328	1.6106_n	1.9215_n	+0.064		30	0.0000	1.6791	0.7861_n	1.9356	−0.031
	2	0.0000	1.6151	1.6231	1.8191	+0.104	Okt.	3	0.0000	1.2709	1.2693_n	1.1532	+0.053
	6	0.0000	1.6626_n	1.0240	1.7807_n	+0.018		4	0.0000	1.7524_n	1.4147	1.1969	−0.089
	9	0.0000	1.2357_n	1.4105_n	1.2744_n	+0.026		5	0.0000	1.7395	1.5045_n	1.8021_n	−0.134
	10	0.0000	1.7384	1.2887	1.2587_n	−0.089		7	0.0000	1.5100_n	1.6398_n	1.8666_n	0.000
	15	0.0000	1.6410	1.2478	0.4287	+0.046		14	0.0000	1.0127	1.4717	1.3579	−0.047

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1907		f'	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	v
Aug.	4	0.0000	1.7575	1.1396	1.3761_n	1.5936_n	−0.104
	6	0.0000	1.3929_n	1.7285	1.5199_n	1.5040_n	+0.142
	7	0.0000	1.7567	1.1771_n	1.5741	1.4271	+0.075
	18	0.0000	1.7352	1.3956_n	0.3418_n	1.6682	−0.030
	20	0.0000	0.6249	1.7766	0.0626_n	1.6694	+0.012
	25	0.0000	1.6808_n	1.5589	1.6094_n	1.3691_n	+0.026
	26	0.0000	1.7697	1.1149	1.6444	1.2098	+0.007
Sept.	5	0.0000	1.6548_n	1.6049	0.5817	1.6730_n	−0.047
	6	0.0000	1.7783	0.9405	0.5659	1.6732	+0.030
	8	0.0000	1.1159_n	1.7725	1.3679	1.6144	−0.049
	12	0.0000	1.4716	1.7234_n	1.6456	1.2305	+0.070
	13	0.0000	1.7724_n	1.1085	1.6675_n	0.9527_n	+0.031
	14	0.0000	1.6908	1.5555	1.6756	9.0936_n	−0.011
	20	0.0000	1.7093	1.5137_n	1.3114	1.6307_n	+0.046
	29	0.0000	1.6860_n	1.5557_n	1.6697	0.8510	−0.123
	30	0.0000	0.7768_n	1.7802	1.6619_n	1.0462_n	+0.003
Okt.	1	0.0000	1.6776	1.5723_n	1.6741	9.9303_n	+0.002
	2	0.0000	1.7650_n	1.2000_n	1.6726_n	0.5454	−0.001
	6	0.0000	1.7497	1.3470	1.3917_n	1.6033	−0.039
	9	0.0000	1.7713	1.0778_n	0.0495	1.6719_n	+0.031
	10	0.0000	1.6757_n	1.5657_n	0.8170	1.6673	−0.025
	15	0.0000	1.1841	1.7622_n	1.5854_n	1.4234_n	+0.148
	16	0.0000	1.7199_n	1.4565	1.6375	1.2373	−0.020
	19	0.0000	1.5540_n	1.6780	1.6669_n	0.5276_n	−0.109
	26	0.0000	1.1441	1.7593_n	1.0598	1.6508_n	−0.001

1907		f'	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$d(\gamma \cos\theta_o)_2$	ε
Okt.	30	0.0000	1.4472_n	1.7142	1.3159_n	1.6131_n	$-0''.043$
Nov.	16	0.0000	1.0114	1.6071	1.3029_n	1.6026_n	+0.019
1908							
Aug.	20	0.0000	1.0481	1.6058	1.5296_n	1.5097	+0.056
	30	0.0000	0.2380	1.7785_n	1.4437	1.5771_n	−0.092
	31	0.0000	1.0378_n	1.6168	1.2178_n	1.0427	−0.139
Sept.	1	0.0000	1.7777	0.8184	0.9863	1.6626_n	−0.071
	3	0.0000	1.2410_n	1.7066	0.5394_n	1.6717_n	−0.004
	6	0.0000	1.3301_n	1.7515	1.4925	1.5503	+0.154
	8	0.0000	1.7730_n	1.0418	1.6028	1.3994	+0.087
	12	0.0000	1.7834	0.5980	1.6688	0.9283_n	−0.045
	23	0.0000	1.7862	0.4406_n	1.4677	1.5746	−0.090
	29	0.0000	1.2307	1.7604_n	1.6615	1.1195_n	+0.008
	30	0.0000	1.7585_n	1.3176	1.6555_n	1.1829	−0.009
Okt.	3	0.0000	1.5609_n	1.6901	1.4951	1.5572_n	+0.019
	4	0.0000	1.7858	0.6785_n	1.3876_n	1.6128	+0.016
	5	0.0000	1.6318_n	1.6386_n	1.2463_n	1.6468_n	+0.097
	7	0.0000	1.6746	1.5900_n	0.2821_n	1.6783_n	−0.093
	14	0.0000	1.4617_n	1.7284	1.6700	0.9401	+0.045

Normalgleichungen.

Dione-Tethys 1907. *x.*

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
f	27.000	−4.537	−0.772	−0.274	−1.860	—
$d\epsilon_1$		10.571	−1.227	−0.342	+2.085	8.2287
$-d\epsilon_2$			11.401	+4.317	+0.606	8.3524
$\frac{da}{a}$				11.434	−0.467	7.9913

Dione-Tethys 1908. *x.*

	f	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
f	16.000	−2.186	+1.094	−1.054	−0.470	—
$d\epsilon_1$		8.267	−1.226	+0.982	+1.136	8.2287
$-d\epsilon_2$			8.370	+2.213	+0.400	8.3524
$\frac{da}{a}$				5.842	−0.472	7.9913

Dione-Tethys 1907—1908. *y.*

	f'	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$	n	Log Hom. fakt.
f'	45.000	+4.618	+5.603	+4.034	−1.981	+1.090	—
$d(\gamma \sin\theta_o)_1$		24.349	−4.287	+5.157	+1.160	−0.820	8.2217
$d(\gamma \cos\theta_o)_1$			18.797	−4.623	+2.484	+0.596	8.2198
$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$				20.511	+2.092	+0.707	8.3244
$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$					22.084	−1.790	8.3268

Auflösung Dione-Tethys 1907. x.

Mittlere Epoche 1907.720.

Korrektionen:		Dione	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f$ 8.5389$_n$	f	$-0''.035$	$\pm 0''.012$			$(nn)_x$ 0.745
$\log d\epsilon_{Di}$ 7.5111	$d\epsilon$	$+11'.15$	$\pm 1'.13$	$-7'.68$	$\pm 1'.41$	$(vv)_x$ 0.185
$\log d\epsilon_{Tr}$ 7.3489$_n$						
$\log \frac{da}{a}$ 6.8569$_n$	$\frac{da}{a}$	$-0.00072 \pm 0.00019 = +0.00128 \pm 0.00019$				Anzahl der Gl. 27
		$+0.00200$				Anzahl der Gew. 27
		Korrigierte Elemente:				w. F. einer Gl. $\pm 0''.061$
	a	$54''.613$	$\pm 0''.010$			
	e	(0.00250)				
Ep. 1907.720	π	256°.9				
Sept. 0.0	l	78° 10'.2	$\pm 1'.1$	237° 46'.6	$\pm 1'.4$	

Auflösung Dione-Tethys 1908. x.

Mittlere Epoche 1908.717.

Korrektionen:		Dione	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f$ 8.3969$_n$	f	$-0''.025$	$\pm 0''.013$			$(nn)_x$ 0.392
$\log d\epsilon_{Di}$ 7.4512	$d\epsilon$	$+9'.72$	$\pm 1'.05$	$-9'.08$	$\pm 1'.39$	$(vv)_x$ 0.060
$\log d\epsilon_{Tr}$ 7.4218$_n$						
$\log \frac{da}{a}$ 7.1896$_n$	$\frac{da}{a}$	$-0.00155 \pm 0.00022 = +0.00045 \pm 0.00022$				Anzahl der Gl. 16
		$+0.00200$				Anzahl der Gew. 16
		Korrigierte Elemente:				w. F. einer Gl. $-0''.051$
	a	$54''.568$	$\pm 0''.012$			
	e	(0.00250)				
Ep. 1908.717	π	281°.0				
Sept. 0.0	l	339° 56'.4	$\pm 1'.1$	193° 3'.4	$\pm 1'.4$	

Auflösung Dione-Tethys 1907—1908. y.

Mittlere Epoche 1908.091.

Korrektionen:		Dione	w. F.	Tethys	w. F.	
$\log f'$ 8.1322	f'	$+0''.014$	$\pm 0''.008$			$(nn)_y$ 0.479
$\log d(\gamma \sin\theta_\odot)_{Di}$ 6.7872$_n$						
$\log d(\gamma \cos\theta_\odot)_{Di}$ 6.8815	$d(\gamma \sin\theta_\odot)$	$-2'.11$	$\pm 0'.60$	$-4'.39$	$\pm 0'.85$	$(vv)_y$ 0.205
$\log d(\gamma \sin\theta_\odot)_{Tr}$ 7.1060$_n$	$d(\gamma \cos\theta_\odot)$	$+2.62$	± 0.72	$+6.48$	± 0.79	Anzahl der Gl. 43
$\log d(\gamma \cos\theta_\odot)_{Tr}$ 7.2751	Epoche von θ 1905 Juli 1.0					Anzahl der Gew. 43
		Korrigierte Elemente:				w. F. einer Gl. $\pm 0''.050$
Ep. 1908.095	Ω	168° 10'.30	$\pm 1'.40$	169° 4'.52	$\pm 1'.69$	
	i	28 1.95	± 0.66	29 6.43	± 0.82	

Die Auflösung der Normalgleichungen Dione-Tethys in x, vereinigt für die Jahre 1907 und 1908, ergab folgende Elementenkorrektionen:

f	$-0''.030$	$\pm 0''.009$
$d\epsilon_{Di}$	$+10'.35$	$\pm 0'.80$
$d\epsilon_{Tr}$	-8.34	± 1.07
$\frac{da}{a}$	-0.00102 ± 0.00015	
	$+0.00200$	

Tethys-Enceladus 1903.

Beobachtung — Rechnung.

1903	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Juni 3	$20^h\ 6^m 16^s$	+36".16	−34".52	+70".68	+70".66	−0".02	+ 6".90	+ 1".41	+ 5".49	+ 5".61	+0".12
18	19 14 57	+22.63	−33.37	+56.00	+55.96	−0.04	+11.64	− 3.83	+15.47	+15.87	+0.40
20	19 50 15	+37.12	+31.78	+ 5.34	+ 5.17	−0.17	+ 7.07	+ 5.11	+ 1.96	+ 1.83	−0.13
20	18 43 40	−25.74	−34.72	+ 8.98	+ 8.02	(−0.96)	+12.10	− 3.02	+15.12	+15.54	(+0.42)
30	20 9 42	+10.06	+ 4.38	+ 5.68	+ 5.50	−0.18	−14.12	−11.26	− 2.86	− 2.86	0.00
Juli 6	18 26 28	−27.63	−33.76	+ 6.13	+ 6.28	+0.15	−11.00	+ 4.10	−15.10	−14.97	+0.13
15	17 57 42	+34.17	+27.56	+ 6.61	+ 6.22	−0.39	−10.23	− 7.73	− 2.50	− 2.14	+0.36
21	16 43 55	− 4.55	−35.15	+30.60	+30.43	−0.17	−14.75	− 3.22	−11.53	−11.53	0.00
23	16 39 52	−20.42	+31.72	−52.14	−52.38	−0.24	−13.01	+ 5.92	−18.93	−19.17	−0.24
24	16 44 27	+28.01	−21.91	+49.92	+49.96	+0.04	+11.31	+ 9.43	+ 1.89	+ 2.35	+0.46
28	17 3 50	+45.10	−32.35	+77.45	+77.35	−0.10	+ 0.89	+ 5.50	− 4.61	− 4.30	+0.31
30	16 11 46	+44.90	+36.65	+ 8.25	+ 7.90	(−0.35)	− 2.95	− 0.92	− 2.03	− 0.23	(+1.80)
Aug. 17	15 9 15	−43.79	+26.69	−70.48	−71.13	−0.65	+ 4.43	− 8.38	+12.81	+12.16	−0.65
Sept. 2	14 35 51	+44.50	+ 7.30	+37.14	+37.40	+0.26	− 1.20	+11.92	−13.12	−13.07	+0.05
3	13 52 56	−44.17	−35.80	− 8.37	− 8.39	−0.02	+ 2.54	− 0.85	+ 3.39	+ 3.44	+0.05
4	14 44 3	+40.50	+ 0.95	+39.55	+38.94	−0.61	− 7.00	−12.29	+ 5.29	+ 5.57	+0.28
10	14 27 23	+ 2.09	−26.38	+29.07	+28.83	−0.24	−15.34	+ 8.13	−23.47	−22.89	+0.58
11	13 47 48	+ 1.53	−16.47	+18.00	+17.42	−0.58	+15.27	−10.86	+26.13	+26.37	+0.24
12	13 33 27	− 8.27	+33.82	−42.09	−42.07	+0.02	−14.89	− 3.86	−11.03	−11.12	−0.09
13	13 7 28	+13.67	+ 3.82	+ 9.85	+ 9.98	+0.13	+14.29	+12.06	+ 2.23	+ 2.21	−0.02
14	12 34 50	−18.23	−35.12	+16.89	+16.87	−0.02	−13.59	− 1.63	−11.96	−12.17	−0.21
15	14 0 31	+31.85	− 0.67	+32.52	+31.94	−0.58	+ 9.94	−12.22	+22.16	+21.60	−0.56
18	13 32 35	−42.19	−31.69	−10.50	−10.72	−0.22	− 3.19	− 5.34	+ 2.15	+ 2.55	+0.40
20	12 34 49	−43.52	+22.46	−65.98	−66.97	(−0.99)	+ 0.46	+ 9.28	− 8.82	− 9.02	(−0.20)
21	13 22 31	+41.78	−26.58	+68.36	+68.32	−0.04	− 4.88	+ 7.84	−12.72	−12.40	+0.32
22[1]	13 49 57	−37.46	−21.76	−15.70	−16.24	−0.54	+ 8.29	− 9.53	+17.82	+17.91	+0.09
26	13 6 44	−16.53	− 1.01	−15.52	−15.64	−0.12	+14.20	−12.09	+26.29	+25.86	−0.43
29	11 49 52	+ 0.43	−28.65	+29.08	+29.13	+0.05	−15.02	− 6.81	− 8.21	− 8.48	−0.27
30	11 51 27	+ 7.70	+22.68	−14.98	−14.82	+0.16	+14.61	− 9.12	+23.73	+24.04	+0.31
Okt. 14	11 36 38	+15.59	−19.13	+34.72	+34.10	−0.62	−13.84	− 9.72	− 4.12	− 4.15	−0.03

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1903[2]	$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r
Juni 3	1.5232	1.1079_n	1.3767	0.6667	1.8492	+0".019
18	1.5093	1.4191_n	1.5792	1.0948_n	1.7479	+0.137
20½	1.5415	1.4759_n	1.3830	1.2187	0.7132	−0.194
29	1.5268	1.3249_n	1.5030	0.9850_n	0.9043	—
30	1.8439	1.2649_n	1.6396_n	1.5566_n	0.7404	+0.262
Juli 6	1.6296	9.7617	1.5503_n	1.1141	0.7980	+0.164
15	1.7433	0.8238	1.4718_n	1.3845_n	0.7938	−0.069
21	1.5694	1.2085_n	1.6542_n	1.0008_n	1.4833	−0.013
23	1.6314	1.3577_n	1.6074_n	1.2633	1.7192_n	−0.249
24	1.7903	0.9258	1.5523	1.4647	1.6987	−0.010
28	1.6610	0.9822	0.6910	1.2283	1.8885	−0.119

[1] Für eine in Wash. Vol. VI veröffentlichte Beobachtung 1903 Sept. 25 konnte nicht festgestellt werden, zu welcher Verbindung sie gehört. Jedenfalls gehört diese Beobachtung nicht in die Reihe Tethys-Enceladus.

[2] Bei den Gleichungen, die mit einem geringeren Gewicht als 1 für die Ausgleichung benutzt wurden, ist die Gewichtszahl neben das Datum gesetzt worden. Das Gleiche gilt für alle folgenden Tabellen.

1903		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v
Juli	30	1.5690	0.0372_n	0.8231_n	0.4487_n	0.8975	—
Aug.	17	1.7272	1.2886	1.0372	1.3990_n	1.8520_n	−0".205
Sept.	2	1.8479	0.3345	0.1118_n	1.5447	1.5729	+0.187
	3	1.5560	0.4050	0.7169	0.3956_n	0.9238_n	+0.101
	4	1.8523	1.0601	1.2611_n	1.5568_n	1.5904	−0.166
	10	1.6740	1.4293	1.0438_n	1.3756	1.4598	−0.298
	11	1.8150	0.3283_n	1.6430	1.5009_n	1.2411	−0.167
	12	1.5597	1.2615	1.6358_n	1.0515_n	1.6240_n	+0.209
	13	1.8424	1.0280	1.6207	1.5458	0.9991	+0.072
	14	1.5594	0.4758	1.6013_n	0.6766_n	1.2272	+0.102
	15	1.8423	1.1714	1.4786	1.5509_n	1.5043	−0.135
	18	1.6456	0.5530_n	1.0497_n	1.1909_n	1.0302_n	+0.016
	20	1.7658	0.4470_n	9.9154_n	1.4302	1.8259_n	—
	21	1.6401	1.4693	1.0773_n	1.3568	1.8346	−0.105
	22	1.7734	0.2007_n	1.3405	1.4412_n	1.2106_n	−0.167
	26½	1.8284	1.2788	1.6003	1.5440_n	1.1943_n	+0.339
	29	1.6872	0.1931_n	1.6330_n	1.2942_n	1.4644	+0.310
	30½	1.6697	1.5225	1.6250	1.4210_n	1.1708_n	+0.480
Okt.	14	1.7699	0.8780	1.5001_n	1.4486_n	1.5327	−0.271

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1903		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_c)_1$	$d(\gamma \cos \theta_c)_1$	$d(\gamma \sin \theta_c)_2$	$d(\gamma \cos \theta_c)_2$	v
Juni	3	1.0505	1.2508	1.0417_n	1.0215	0.7492	1.4077	1.5099_n	0.7988_n	1.5128	−0".078
	18	0.6708	1.3094	0.8432_n	1.0121	1.2005	1.5681	1.2998_n	1.2689_n	1.4523	+0.282
	20½	0.5075	1.3018	1.0594_n	0.9920_n	0.2617	1.3853	1.5369_n	1.3366	1.4195_n	−0.180
	29	0.6189	1.3321	0.9049	1.0349	1.1915	1.5363	1.3968	1.1496_n	1.4939	—
	30	0.6892	1.0216	0.4975_n	0.1362_n	0.4566_n	1.6161_n	1.0020_n	1.5217_n	0.9607_n	+0.077
Juli	6	0.9764	1.2896	0.9396	1.0267	1.1751_n	1.5267_n	1.4201	0.9421	1.5212	+0.079
	15	0.9799	1.2219	1.0375_n	0.9442_n	0.3314_n	1.4600_n	1.5012_n	1.3328_n	1.4366_n	+0.431
	21	9.8942	1.3588	0.1659	1.0536	1.0617_n	1.6286_n	0.7699	1.0035_n	1.5200	−0.108
	23	0.2680_n	1.3272	0.8191	1.0104_n	1.2825_n	1.5740_n	1.3201	1.2436	1.4761_n	−0.098
	24	0.9022	1.1767	0.9569_n	0.8501	0.3709	1.5128	1.4463_n	1.4407	1.3165	+0.221
	28	0.8674	1.3111	1.1664_n	1.0221	0.6332_n	0.3793	1.6318_n	1.2232	1.4801	−0.014
	30	0.5330	1.3741	1.1656_n	1.0775_n	9.3565_n	0.9395_n	1.0234_n	0.5915_n	1.5382_n	—
Aug.	17	0.7556	1.2758	1.1655	0.9504_n	1.0850	1.1526	1.6030	1.4316_n	1.3317_n	−0.288
Sept.	2	0.6139_n	1.0886	1.1801_n	0.3984_n	1.1163_n	0.8357_n	1.6160_n	1.4814	1.1679_n	−0.162
	3	0.6247_n	1.3807	1.1772	1.0860	0.5371	1.0238	1.6070	0.7874	1.5208	+0.030
	4	0.1703_n	1.0868	1.1401_n	9.5098_n	0.7461	1.3486_n	1.5478_n	1.5183_n	0.8919	+0.213
	10	0.3874	1.2937	9.9652_n	0.9559	1.3597_n	1.6155_n	0.5964	1.4562	1.2343	+0.405
	11	0.8897_n	1.1339	9.7203_n	0.7516	1.4212	1.6086	0.9019_n	1.3761_n	1.3743	+0.190
	12	0.0114_n	1.3709	0.4530	1.0644_n	1.0462_n	1.5801_n	1.1529	1.2962_n	1.4315_n	+0.138
	13	0.5779_n	1.0699	0.6713_n	0.1171_n	0.3438	1.5633	1.2810_n	1.4806	1.1366_n	−0.134
	14	0.8233_n	1.3663	0.7967	1.0814	1.0851_n	1.5329_n	1.3643	0.7968	1.5143	−0.312
	15	0.4609_n	1.0748	1.0392_n	9.3651	1.3345	1.3577	1.5349_n	1.4966_n	1.0581	−0.623
	18	0.9936_n	1.3052	1.1621	1.0379	0.4073	0.5199_n	1.6112	0.5395_n	1.5179	+0.399
	20	1.0001_n	1.1766	1.1760	0.8886_n	0.9550_n	0.8297	1.6053	1.2072	1.4578_n	—
	21	9.9431	1.2991	1.1585_n	0.9620	1.0935_n	1.2037_n	1.5615_n	1.4614	1.1907	−0.004
	22	1.0038_n	1.1655	1.1113	0.8754	1.2532	1.4290	1.4860	1.2193_n	1.4556	+0.129
	26½	0.5786_n	1.0607	0.7567	9.5432	1.4126	1.5994	0.8832	1.4743_n	1.1406	−0.329
	29	1.0591_n	1.2440	9.1721_n	0.9959	0.9283_n	1.5963_n	0.9009	0.7559	1.5067	−0.404
	30½	9.5380	1.2587	0.4254_n	0.8945_n	1.3809	1.5692	1.1918_n	1.4967_n	0.9508_n	+0.436
Okt.	14	1.0427_n	1.0850	0.7319_n	0.8206	0.6170_n	1.5917_n	0.6617_n	1.1309_n	1.4606	−0.158

Normalgleichungen.

	$-d(e_2 \sin \pi_2)$	$-d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n	Log. Hom. fakt.
$-d(e_2 \sin \pi_2)$	14.285	+2.194	−1.516	−3.802	+3.705	+0.106	−0.536	+0.144	−0.383	−3.624	8.1477
$-d(e_2 \cos \pi_2)$		13.012	−0.128	+1.409	+0.172	−2.180	−0.442	−0.780	+4.895	+0.260	8.4775
$d\epsilon_1$			14.766	+1.075	+0.706	−0.142	+3.554	−0.462	+0.190	−0.122	8.3458
$-d\epsilon_2$				13.362	+1.104	−0.178	+0.147	+0.626	+4.532	+4.588	8.4432
$\frac{da}{a}$					7.455	+2.579	−0.229	−1.743	+0.324	−0.434	8.1115
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						13.626	−2.056	−0.389	+0.054	−0.037	8.3714
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							10.708	−1.088	+0.846	−1.621	8.3682
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								11.288	−0.380	+1.377	8.4783
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									14.895	+2.011	8.4788

Auflösung Tethys-Enceladus 1903.

Mittlere Epoche 1903.636.

Korrektionen:

	Tethys	Enceladus		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.
$\log d(e \sin \pi)$	—	7.4389	$d(e \sin \pi)$	—	—	+ 0.00275	±0.00075
$\log d(e \cos \pi)$	—	5.9543	$d(e \cos \pi)$	—	—	+ 0.00009	±0.00159
$\log d\epsilon$	6.2382$_n$	7.8620$_n$	$d\epsilon$	− 0.″60	±3.″58	−25.″02	±5.″12
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	7.6509$_n$	7.4738$_n$	$d(\gamma \sin \theta_0)$	− 1.94	±3.99	−10.24	±5.47
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	7.5752$_n$	7.2752$_n$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	−12.93	±4.44	− 6.48	±5.19

(nn)	5.118
$(vv)_x$	1.762
$(vv)_y$	0.957
(vv)	2.719

$\log \frac{da}{a}$ 6.4895

Epoche für π, θ 1903 Aug. 5.0

Anzahl der Gl. 54
Anzahl der Gew. 51

$\frac{da}{a}$ +0.00031 ±0.00095

w. F. einer Gl. ±0.″171

Korrigierte Elemente:

Sept. 0.0	l	268° 51.′9	±3.′6	3° 10.′4	± 5.′1
	a	42.″599	±0.″040		
	e			0.00629	
Ep. 1903.590	π			129°6	
Ep. 1903.636	Ω	167° 37.′5	±8.′7	168° 5.′3	±11.′4
	i	28 54.8	±4.2	27 53.2	± 5.3

Bei einer zweiten Auflösung dieser Beobachtungsreihe, bei der an Stelle der Korrektionen $e \sin \pi$ und $e \cos \pi$ für Enceladus nur die Änderung der Exzentrizität de als Unbekannte gesucht wurde, wurde gefunden

$$de = +0.00327$$

und damit für Enceladus

$$e = 0.00787$$

Die übrigen Elemente erfuhren dabei nur kleinere Änderungen gegenüber der ersten Ausgleichung. Es erübrigt sich daher, sie hier noch einmal zusammenzustellen. (Vgl. S. 119).

Tethys-Enceladus 1904.

Beobachtung — Rechnung.

1904		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1 x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Juni	3	$20^h35^m\ 4^s$	+ 3".20	−26".12	+29".32	+29".12	−0".20	+ 9".18	+5".25	+ 3".93	+ 4".11	+0".18
	12[1]	19 58 38	−43.26	+17.47	−60.73	−61.01	−0.28	+ 1.40	−7.06	+ 8.46	+ 8.56	+0.10
	14	19 36 22	−39.75	−26.79	−12.96	−12.72	+0.24	+ 4.30	+5.33	− 1.03	− 1.04	−0.01
	15	20 1 57	+34.22	−22.17	+56.39	+56.18	−0.21	− 0.24	−6.42	+ 0.18	− 0.37	−0.55
	17[2]	20 14 1	+20.93	+15.41	+ 5.52	+ 5.64	+0.12	− 8.58	+7.38	−15.96	−16.05	−0.09
	22	19 20 36	+14.51	−34.02	+48.53	+48.29	−0.24	+ 8.07	−2.61	+11.58	+11.83	+0.25
Juli	3	18 37 7	−34.08	−34.67	+ 0.59	+ 0.33	−0.26	+ 0.75	−2.56	+ 0.31	+ 0.48	+0.17
	14	18 51 32	−42.63	−36.61	− 6.02	− 5.95	+0.07	− 3.05	−0.63	− 2.42	− 2.32	+0.10
	19	18 21 46	+39.19	+25.88	+13.31	+13.08	−0.23	− 3.59	−6.35	+ 0.76	+ 1.04	+0.28
	20	18 26 30	−33.91	+22.46	−56.37	−56.50	−0.13	+ 7.24	+7.09	+ 0.15	+ 0.23	+0.08
	26	17 49 42	+ 9.01	+ 7.16	+ 1.85	+ 1.95	+0.10	+10.83	−0.00	+10.83	+10.68	+0.35
	31	17 38 35	−40.98	+23.58	−64.56	−64.62	−0.06	− 4.43	+7.10	−11.53	−11.82	−0.29
Aug.	3	17 20 3	+45.63	+35.46	+10.17	+ 9.98	−0.19	− 1.05	−2.48	+ 1.43	+ 1.56	+0.13
	12	15 58 14	− 0.28	−33.56	+33.28	+33.57	+0.29	+11.07	+4.09	+ 6.98	+ 7.29	+0.31
	16	16 28 51	+33.33	−37.08	+70.41	+70.40	−0.01	+ 7.38	+0.38	+ 7.00	+ 7.22	+0.22
	21	15 22 50	−45.65	+26.17	−71.82	−72.01	−0.19	+ 0.70	−6.80	+ 7.50	+ 7.32	−0.18
	23	15 43 48	−40.95	−30.89	−10.06	−10.26	−0.20	+ 5.28	+5.37	− 0.09	− 0.11	−0.02
	24	16 7 0	+34.04	19.11	+54.05	+53.92	−0.13	− 7.53	−8.36	+ 0.83	+ 1.01	+0.18
Sept.	2	15 50 44	+31.91	+26.98	+ 2.93	+ 2.95	+0.02	+ 7.91	+5.97	+ 1.94	+ 1.77	−0.17
	7	16 2 13	−44.47	−34.69	− 9.78	9.74	+0.04	+ 2.30	+3.20	− 0.90	− 0.72	+0.18
	11	14 20 1	−34.73	−32.11	− 2.59	− 2.87	−0.28	+ 7.55	−4.71	+12.26	+12.33	+0.07
	16	14 7 28	− 1.22	+33.09	−34.31	−34.15	+0.16	−11.53	−3.89	− 7.64	− 7.49	+0.15
	18	14 54 14	−21.81	−34.64	+12.83	+12.85	+0.02	− 0.94	+2.93	−12.87	−12.56	+0.31
	25	13 3 21	+44.27	−29.01	+73.28	+73.35	+0.07	− 0.20	+5.86	− 6.06	− 5.81	+0.25
Okt.	1	13 41 40	+15.62	+35.30	−19.68	−19.99	−0.31	−10.82	+0.04	−10.86	−11.27	−0.41
	3	15 4 52	− 8.82	−35.51	+26.69	+26.82	+0.13	−11.18	+0.12	−11.30	−11.20	+0.10
	6	12 40 7	+18.15	−26.19	+44.34	+44.57	+0.23	+10.28	+6.63	+ 3.65	+ 4.14	+0.49
	7	13 3 19	−27.03	−22.57	− 4.46	− 4.48	−0.02	− 8.80	−7.55	− 1.25	− 1.13	+0.12
	9	13 34 22	−38.07	+17.52	−56.49	−56.39	+0.10	− 4.80	+8.47	−13.27	−13.51	−0.24
	10	12 44 54	+40.18	−34.05	+74.23	+74.62	+0.39	+ 1.04	+2.43	+ 1.61	+ 1.51	−0.10

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1904		dx	de_1	de_2	$\frac{dn}{a}$	i	1904		dx	de_1	de_2	$\frac{dn}{a}$	r
Juni	3	1.7084_n	1.6308	1.3570	1.4642	−0".199	Juli	20	1.7204_n	1.4804	1.4601	1.7521_n	−0".090
	12	1.7855_n	0.6453	1.4841_n	1.7854_n	−0.109		26	1.8577_n	1.6501	1.5579$_n$	0.2891	+0.375
	14	1.7199_n	1.2543	1.3911	1.1044_n	+0.198		31	1.7321_n	1.3055_n	1.4504	1.8104_n	−0.060
	15	1.6220_n	1.4337_n	1.4117_n	1.7496	−0.065	Aug.	3	1.6603_n	0.4577_n	0.9916_n	0.9991	−0.133
	17	1.6972_n	1.5853_n	1.5012	0.7513	−0.025		12	1.0543_n	1.6604	1.1993	1.5259	+0.253
	22	1.4864_n	1.6196	1.0474_n	1.6839	−0.098		16	1.5703_n	1.4958	0.1635	1.8476	−0.063
Juli	3	1.5159_n	1.4618	1.0317_n	9.5157	−0.150		21	1.7455_n	0.1729	1.4124_n	1.8574_n	+0.080
	14	1.5302_n	1.1791_n	0.4171_n	0.7747_n	+0.090		23	1.6860_n	1.3037	1.3086	1.0111_n	−0.211
	19	1.7613_n	1.3603_n	1.4131_n	1.1166	−0.120		24	1.8051_n	1.4673_n	1.4997_n	1.7318	−0.062

[1] Fehler von 100° im Positionswinkel p. Statt 184°82 muß es heißen: 284°82.

[2] Fehler von 180° im Positionswinkel p. Statt 347°87 muß es heißen: 167°87.

1904	de_2	de_1	de_3	$\frac{da}{a}$	r	1904	de_2	de_1	de_3	$\frac{da}{a}$	r
Sept. 2	1.7050_n	1.5083	1.3462	0.4696	−0.007	Okt. 1 $\frac{1}{2}$	1.5354_n	1.6131_n	9.2074	1.3009_n	−0.297
7	1.5954_n	0.8950	1.0725	0.9887_n	+0.045	3	1.5347_n	1.6322_n	9.6310	1.4285	+0.063
11	1.6643_n	1.4565	1.2376_n	0.4575$_n$	−0.122	6	1.6507_n	1.5977	1.3753	1.6490	+0.135
16	1.5937_n	1.6508_n	1.1514_n	1.5334_n	+0.259	7	1.7683_n	1.5327_n	1.4317_n	0.6513_n	+0.116
18	1.5714_n	1.5907_n	1.0265	1.1088	−0.070	9	1.7988_n	1.2798_n	1.4813	1.7512_n	+0.083
25	1.6430_n	9.3479	1.3252	1.8654	−0.113	10	1.5207_n	1.2081	0.9384	1.8729	+0.273

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1904	de_2	$d(\gamma \sin\theta_\odot)_1$	$d(\gamma \cos\theta_\odot)_1$	$d(\gamma \sin\theta_\odot)_2$	$d(\gamma \cos\theta_\odot)_2$	r
Juni 3 $\frac{1}{2}$	1.0087_n	1.3810	1.5325	1.5149_n	0.9138_n	+0.051
12	0.9067_n	1.5203_n	1.4198	1.5287	0.7118_n	+0.210
14	0.9912_n	1.3004_n	1.3526	1.5288_n	0.7803_n	−0.075
15 $\frac{1}{4}$	0.2871_n	1.1283	1.6054_n	0.8409	1.5285_n	−0.670
17	0.2386_n	0.5054_n	1.0279_n	1.1378_n	1.4971	−0.025
22	0.6784_n	1.5378	1.4062	1.1552_n	1.5016_n	+0.073
Juli 3	0.9991	1.0082_n	1.6256	1.2373_n	1.4876_n	+0.052
14	0.6798_n	1.6199_n	1.1368	1.4122_n	1.3802_n	+0.020
19	0.8977_n	1.2035	1.6129_n	1.5464	0.6609_n	+0.325
20	9.9813	0.8726_n	1.6375	0.6043	1.5495	+0.204
20 $\frac{1}{2}$	0.5795_n	1.5338	1.4403	1.4116	1.3917_n	+0.253
31	0.3114	1.6331_n	1.0217	0.6085	1.5485	−0.093
Aug. 3	0.7197_n	1.5027	1.4876_n	1.5322	1.0135	+0.107
12	0.7558_n	1.4042	1.5218	1.5534_n	0.3907_n	+0.171
16	0.2473_n	1.0449	9.9412	1.5096_n	1.1891_n	+0.026
21	0.7315_n	1.4965_n	1.4904	1.5267	1.0537_n	−0.100
23	0.6876_n	1.1945_n	1.6141	1.5481_n	0.6978	−0.063
24	0.6184	0.7209	1.6402_n	0.5827_n	1.5491_n	+0.056
Sept. 2	0.7387	1.6402	9.8749	1.2547	1.4802	−0.091
7	0.1644_n	1.3964_n	1.5517	1.5473_n	0.8624_n	+0.130
11	0.7859	0.5709_n	1.6348	1.3807_n	1.4082_n	−0.077
16	9.0514_n	1.5042_n	1.4066_n	1.5365	0.5921_n	+0.270
18	9.3690	1.6195_n	1.0205_n	1.5419_n	9.8252	+0.314
25	0.1239_n	1.4588	1.4960_n	1.5025_n	1.1254	+0.184
Okt. 1 $\frac{1}{2}$	0.6774	1.2052_n	1.5713_n	1.5219	0.8212	−0.272
3	0.6895	1.5641_n	1.3135_n	1.5266_n	0.7526_n	−0.089
6 $\frac{1}{2}$	9.8093_n	1.6047	1.0570	1.4530_n	1.2684	+0.419
7	0.9306	1.6207_n	0.1299_n	1.2438_n	1.4610_n	+0.044
9	0.8800	1.5800_n	1.2309	1.1033	1.4929	−0.030
10	0.5258	1.5630	1.2963_n	1.5250_n	0.6036	−0.219

Normalgleichungen.

Tethys-Enceladus 1904. x.

	$-de_2$	de_1	$-de_3$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom Fakt
$-de_2$	12.727	−0.651	−0.592	−0.387	+0.697	8.1423
de_1		12.356	+2.522	+1.965	−0.361	8.3396
$-de_3$			16.248	−0.264	+1.491	8.4421
$\frac{da}{a}$				0.106	−0.414	8.1271

Tethys-Enceladus 1904. y.

	$d(\gamma \sin\theta_\odot)_1$	$d(\gamma\cos\theta_\odot)_1$	$-d(\gamma\sin\theta_\odot)_2$	$-d(\gamma\cos\theta_\odot)_2$	n	Log Hom. fakt.
$d(\gamma\sin\theta_\odot)_1$	13.241	−2.417	−0.280	+0.133	+0.795	8.3551
$d(\gamma\cos\theta_\odot)_1$		13.054	−4.105	−1.305	+0.301	8.3598
$-d(\gamma\sin\theta_\odot)_2$			16.331	+2.285	−1.646	8.4466
$-d(\gamma\cos\theta_\odot)_2$				9.908	−1.273	8.4505

Auflösung Tethys-Enceladus 1904. x.

Mittlere Epoche 1904.620.

Korrektionen:			Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log de_{En}$ 6.9109$_n$	de		—	—	− 0.00081	±0.00042	$(nn)_x$ 0.950
$\log de_{Te}$ 7.0801$_n$	de		−4'.13	±2'.37	−15'.42	±3'.29	
$\log de_{En}$ 7.6517$_n$							$(ev)_x$ 0.637
$\log \frac{da}{a}$ 6.5492$_n$	$\frac{da}{a}$	{	− 0.00035 ± 0.00049	=	+ 0.00165 ± 0.00049		Anzahl der Gl. 30
		{	+ 0.00200				Anzahl der Gew. 29

w. F. einer Gl. ±0".108

Korrigierte Elemente:

a	42".656	±0".021	—	—	
e	—	—	0.00379	±0.00042	
Sept. 0.0 l	224° 4'.7	±2'.4	43° 8'.8	±3'.3	

Auflösung Tethys-Enceladus 1904. y.

Mittlere Epoche 1904.620.

Korrektionen:		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log d(\gamma\sin\theta_\odot)_{Te}$ 7.1230	$d(\gamma\sin\theta_\odot)$	+4'.56	±2'.84	+ 8'.21	±3'.26	$(nn)_y$ 1.190
$\log d(\gamma\cos\theta_\odot)_{Te}$ 5.9580$_n$	$d(\gamma\cos\theta_\odot)$	−0.31	±3.04	+10.68	±4.08	
$\log d(\gamma\sin\theta_\odot)_{En}$ 7.3780						$(ev)_y$ 0.864
$\log d(\gamma\cos\theta_\odot)_{En}$ 7.4924						

Epoche von θ 1905 Juli 1.0

Anzahl der Gl. 30
Anzahl der Gew. 27.25

Korrigierte Elemente:

Ω	166° 1'.7	±6'.3	168° 32'.3	±7'.8	w. F. einer Gl. ±0".130
i	28 0.6	±2.9	27 56.8	±3.7	

Tethys-Enceladus 1905.

Beobachtung — Rechnung.

1905		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Juli	10	18^h 35^m 40^s	−29".84	+30".37	−60".21	−60".25	−0".04	+4".31	+3".05	+ 1".26	+ 1".18	−0".08
	17	18 17 57	−23.40	+36.52	−59.92	−60.06	−0.14	−5.99	−0.27	− 5.72	− 5.44	+0.28
Aug.	3	17 27 50	−21.04	−29.07	+ 8.03	+ 8.05	+0.02	−6.66	−3.76	− 2.90	− 2.90	0.00
	5	17 55 6	−36.44	+24.85	−61.29	−61.14	+0.15	−4.96	+4.61	− 9.57	− 9.51	+0.06
	19	17 18 12	+14.42	+34.12	−19.70	−19.82	−0.12	+7.48	−2.64	+10.12	+10.11	−0.01
	21	15 56 25	+22.32	−37.16	+59.48	+59.46	−0.02	+7.09	−0.50	+ 7.59	+ 7.56	−0.03
	23	16 16 39	+36.96	+35.99	+ 0.97	+ 0.97	0.00	+5.24	+1.82	+ 3.42	+ 3.54	+0.12

1905	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	$\frac{C}{r_1 - r_2}$	$\frac{O}{x_1 - x_2}$	$\frac{O-C}{n}$	y_1	y_2	$\frac{C}{y_1 - y_2}$	$\frac{O}{y_1 - y_2}$	$\frac{O-C}{n}$
Sept. 3	$15^h 13^m 33^s$	−13".38	+35".78	−49".16	−49".21	−0".05	+7".48	+1".97	+ 5".51	+ 5".41	−0".10
7	15 47 19	+23.47	+28.93	− 5.46	− 5.56	−0.10	+7.30	+4.38	+ 3.01	+ 2.92	−0.09
8	14 31 46	−23.99	−32.02	+ 8.03	+ 8.31	+0.28	−7.30	+3.51	−10.87	−10.83	+0.04
9	15 51 23	+36.58	−22.49	+59.07	+59.06	−0.01	+5.56	−5.48	+11.04	+11.14	+0.10
14	15 1 8	−45.16	+36.74	−81.90	−82.02	−0.12	+0.67	+1.01	− 0.34	− 0.23	+0.11
16	14 17 42	−41.26	−31.92	− 9.34	− 9.44	−0.10	+2.92	−3.49	+ 6.41	+ 6.51	+0.10
18	15 40 57	−24.11	+32.18	−56.29	−56.44	−0.15	+0.70	+3.51	− 3.19	+ 3.01	−0.18
25	13 47 10	−21.55	+36.09	−57.64	−57.44	+0.20	−7.80	+1.37	− 9.17	− 9.56	−0.39
30	13 13 26	+44.07	−28.91	+72.98	+73.42	+0.44	+2.57	+4.35	− 1.78	− 1.58	+0.20
Okt. 4	13 30 58	+37.38	−35.29	+72.67	+72.98	+0.31	−4.10	+1.59	− 5.69	− 5.53	+0.16
8	12 56 1	+14.42	−32.90	+47.32	+47.39	+0.07	−7.85	−2.87	− 4.98	− 4.97	+0.01
17	12 30 44	+42.63	+35.68	+ 6.95	+ 6.93	−0.02	+2.91	+0.38	+ 2.53	+ 2.59	+0.06
30	11 34 49	+19.04	−33.03	+52.07	+52.09	+0.02	+7.90	−2.17	+10.07	+10.18	+0.11

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1905	de_2	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	c	1905	de_2	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	c
Juli 10	1.1644_n	1.5250	1.3002	1.7800_n	+0".085	Sept. 9	1.0457	1.4449	1.4679_n	1.7713	+0".062
17	0.7047	1.5882_n	0.2438_n	1.7786_n	−0.130	14	1.1294	0.8945	0.7286	1.9139_n	−0.027
Aug. 3	0.8477_n	1.6112_n	1.3592_n	0.9060	+0.040	16	0.9434	1.2964	1.2644_n	0.9752_n	+0.029
5	0.7419_n	1.4484_n	1.4443	1.7863_n	+0.069	18	0.9680	1.5888	1.2639	1.7516_n	−0.080
10	1.4266	1.6426	1.1799_n	1.2971_n	+0.015	25	1.1717	1.6016_n	0.8500	1.7592_n	+0.127
21	0.9785	1.6073	0.4566_n	1.7742	−0.044	30	1.0346	0.9866	1.3467	1.8658	+0.100
23	0.6366	1.4435	1.0144	9.9888	+0.001	Okt. 4	1.4596	1.3961_n	0.9071	1.8632	−0.001
Sept. 3	0.8586	1.6448	1.0318	1.6921_n	+0.067	8	1.1837	1.6262_n	1.1606_n	1.6757	−0.078
7	0.7923	1.5977	1.3731	0.7451_n	−0.133	17	1.3456	1.0531	0.2814	0.8409	−0.073
8	1.5406	1.5942_n	1.2763	0.9194	−0.021	30	1.3027	1.5883	1.0333_n	1.7168	+0.020

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1905	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	c
Juli 10	1.6396	0.9047	8.7972_n	1.5553_n	−0".028
17	1.3002_n	1.6021	1.3549_n	1.4493_n	+0.307
Aug. 3	1.3267_n	1.6026	0.4128	1.5609	+0.008
5	0.3050_n	1.6563	0.5284	1.5638_n	+0.076
10	1.4154	1.5721_n	1.5431_n	1.0595_n	+0.040
21	1.2660	1.6191_n	1.4078	1.4202	−0.075
23	0.6532_n	1.6580_n	1.3057_n	1.4888_n	+0.112
Sept. 3	1.6236	1.2307_n	1.3386_n	1.4707_n	−0.032
7	1.1875	1.6288_n	0.9869_n	1.5489_n	−0.094
8	1.1684_n	1.6310	1.5013	0.4621	−0.003
9	0.2828_n	1.6545_n	−0.2335	1.5599	+0.069
14	1.5390	1.4593	1.4379_n	1.3809_n	+0.209
16	1.6141	1.2572	1.2272	1.5049	+0.140
18	1.6461	0.8499_n	1.2431_n	1.5035_n	−0.113
25	1.1765_n	1.6225	1.4412_n	1.3658_n	−0.335
30	1.3488_n	1.5821_n	1.5460	0.8126_n	+0.089
Okt. 4	1.6320_n	0.9953_n	1.5394	0.8929	+0.049
8	1.5981_n	1.2698	1.3738	1.4168	−0.050
17	1.3429_n	1.5701_n	1.5062_n	1.1472_n	+0.052
30	1.0644	1.6093_n	1.4534	1.2728	+0.047

Normalgleichungen.

Tethys-Enceladus 1905. x.

	$-de_2$	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
$-de_2$	1.995	+0.406	+0.471	+1.229	+0.336	8.2282
de_1		11.775	+0.428	+0.123	−1.075	8.3552
$-de_2$			5.793	−2.235	+0.962	8.5082
$\frac{da}{a}$				7.139	−0.296	8.0773

Tethys-Enceladus 1905. y.

	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma\cos\theta_0)_1$	$-d(\gamma\sin\theta_0)_2$	$-d(\gamma\cos\theta_0)_2$	n	Log Hom. fakt.
$d(\gamma\sin\theta_0)_1$	7.953	−1.643	−2.684	−2.813	−0.600	8.3536
$d(\gamma\cos\theta_0)_1$		11.547	+0.026	−0.483	−0.121	8.3377
$-d(\gamma\sin\theta_0)_2$			8.373	+5.354	+0.627	8.4283
$-d(\gamma\cos\theta_0)_2$				10.249	+0.375	8.4252

Auflösung Tethys-Enceladus 1905. x.

Mittlere Epoche 1905.684.

Korrektionen:		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log de_{E_0}$ 7.4481$_n$	de	—	—	− 0.00281	±0.00083	$(nn)_x$ 0.424
$\log de_{T_0}$ 7.3654$_n$	$d\epsilon$	−7!97	±1!25	−16!86	±2!71	
$\log de_{E_0}$ 7.6904$_n$						$(vv)_x$ 0.105
$\log \frac{da}{a}$ 6.3897$_n$	$\frac{da}{a}$	− 0.00025 ± 0.00028 = + 0.00175 ± 0.00028				Anzahl der Gl. 20
		+ 0.00200				Anzahl der Gew. 20

w. F. einer Gl. ± 0".055

Korrigierte Elemente:

	a	42".661	±0".012	—	—	
	e	—	—	0.00179	±0.00083	
Sept. 0.0	l	348° 35!5	±1!3	179° 50!5	±2!7	

Auflösung Tethys-Enceladus 1905. y.

Mittlere Epoche 1905.684.

Korrektionen:		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log d(\gamma\sin\theta_0)_{T_0}$ 7.1540$_n$	$d(\gamma\sin\theta_0)$	−4!91	±2!97	−5!95	±3!87	$(nn)_y$ 0.418
$\log d(\gamma\cos\theta_0)_{T_0}$ 6.6442$_n$	$d(\gamma\cos\theta_0)$	−1.52	±2.21	+1.41	±3.52	
$\log d(\gamma\sin\theta_0)_{E_0}$ 7.2379$_n$						$(vv)_y$ 0.343
$\log d(\gamma\cos\theta_0)_{E_0}$ 6.6140						

Epoche von θ 1905 Juli 1.0

Anzahl der Gl. 20
Anzahl der Gew. 20

Korrigierte Elemente:

	Ω	167° 41!5	±5!8	168° 3!7	±7!0	w. F. einer Gl. ± 0".099
	i	26 57.0	±2.0	28 0.0	±3.7	

Tethys-Enceladus 1906.

Beobachtung — Rechnung.

1906		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Juli	24	$19^h 38^m 18^s$	$-34''.83$	$-36''.53$	$+1''.70$	$+1''.87$	$+0''.17$	$-2''.65$	$+0''.10$	$-2''.75$	$-2''.96$	$-0''.21$
	30	18 48 12	−43.59	+24.18	−67.77	−67.66	+0.11	+0.61	+1.81	−1.20	−1.29	−0.09
Aug.	15	17 7 18	+46.37	−37.32	+83.69	+83.70	+0.01	+0.76	−0.19	+0.95	+1.00	+0.05
	18	16 18 21	−43.08	−20.92	−22.16	−22.02	+0.14	+1.12	+2.33	−1.21	−1.18	+0.03
	22	16 45 4	−16.87	−31.86	+14.99	+14.95	−0.04	+3.86	+1.54	+2.32	+2.32	0.00
Sept.	1	16 36 54	+46.62	+28.49	+18.13	+18.36	+0.23	+0.86	+2.09	−1.23	−1.03	+0.20
	4	15 56 34	−43.27	+35.73	−79.00	−79.08	−0.08	+1.35	−1.10	+2.45	+2.48	+0.03
	6	16 19 33	−31.98	−37.19	+ 5.21	+ 5.23	+0.02	+3.19	+0.51	+2.68	+2.64	−0.04
	12	16 2 53	+15.40	+30.35	−14.95	−14.93	+0.02	+4.86	+2.04	+2.82	+2.77	−0.05
	19	14 26 17	−46.12	+36.50	−82.62	−82.78	−0.16	−1.18	+0.90	−2.08	−2.28	−0.20
	21	14 40 36	−44.92	−33.37	−11.55	−11.77	−0.22	+0.94	−1.66	+2.60	+2.44	−0.16
Okt.	13	13 23 47	+21.72	−34.59	+56.31	+56.23	−0.08	−4.75	−1.35	−3.40	−3.68	−0.28
	15	12 19 8	+12.18	+25.82	−13.64	−13.55	+0.09	−5.33	+2.80	−8.13	−7.99	+0.14

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1906		de_2	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v	1906		de_2	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v
Juli	24	1.4928	1.4658_n	0.2085	0.2718	$+0''.152$	Sept.	6	1.3435	1.5332	0.7656	0.7185	$+0''.036$
	30	1.7718	1.1458	1.4474	1.8303_n	+0.050		12	1.6719	1.6445	1.3513	1.1739_n	−0.023
Aug.	15	1.4938	0.4617	0.4098_n	1.9227	−0.009		19	1.5040	0.8230_n	0.9773	1.9179_n	−0.141
	18	1.5783	1.2454	1.4918	1.3428_n	+0.012		21	1.5985	1.0869	1.2375_n	1.0708_n	−0.070
	22	1.4022	1.6383	1.2961	1.1747	−0.102	Okt.	13	1.4776	1.6035_n	1.1023_n	1.7500	−0.063
Sept.	1	1.7122	0.5792	1.3950	1.2639	+0.106		15	1.6217	1.6422_n	1.4167	1.1320_n	−0.073
	4	1.3132	1.2491	1.1064_n	1.8981_n	+0.087							

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1906		$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Juli	24	1.6464	0.9945	1.1931_n	1.5185_n	$-0''.045$
	30	1.5003	1.5180_n	1.1798_n	1.5275	−0.065
Aug.	15	1.6151_n	1.3251	1.2278_n	1.5218_n	+0.005
	18	1.4425	1.5709_n	1.5717_n	0.1255_n	+0.105
	22	0.9267_n	1.6601_n	1.5307	1.1954_n	+0.019
Sept.	1	1.6130_n	1.3451	0.4372_n	1.5748	+0.036
	4	1.4193	1.5854_n	1.5041	1.3063	+0.067
	6	0.8844	1.6623_n	1.4422_n	1.4030_n	+0.022
	12	1.5740_n	1.4400_n	0.4485	1.5740	−0.203
	19	1.6157	1.3257_n	1.2553	1.5178	−0.156
	21	1.4662	1.5555_n	1.0275_n	1.5545_n	−0.023
Okt.	13	0.9119	1.6497	1.2858_n	1.4931_n	−0.211
	15	1.2582	1.6179	0.6693	1.5587	+0.129

Normalgleichungen.

Tethys-Enceladus 1906. *x*.

	$-de_2$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
$-de_2$	5.300	+0.916	+3.178	−1.019	+0.437	8.2282
$d\epsilon_1$		5.351	+1.379	−0.963	+0.062	8.3552
$-d\epsilon_2$			4.878	−1.148	+0.833	8.5082
da						
a				4.207	−0.589	8.0773

Tethys-Enceladus 1906. *y*.

	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma\cos\theta_0)_1$	$-d(\gamma\sin\theta_0)_2$	$-d(\gamma\cos\theta_0)_2$	n	Log Hom. fakt.
$d(\gamma\sin\theta_0)_1$	6.263	−2.056	−0.138	−0.495	−0.694	8.3536
$d(\gamma\cos\theta_0)_1$		7.294	+1.264	−0.283	+0.277	8.3377
$-d(\gamma\sin\theta_0)_2$			4.266	+3.028	+0.220	8.4283
$-d(\gamma\cos\theta_0)_2$				8.567	+0.595	8.4252

Auflösung Tethys-Enceladus 1906. *x*.

Mittlere Epoche 1906.675.

Korrektionen:			Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.		
$\log de_{E_0}$ 6.8483		de	—	—	+ 0.00071	±0.00059	$(nn)_x$	0.290
$\log de_{T_0}$ 7.0463$_n$		de	−3″.82	±2″.37	−20″.55	±4″.50		
$\log de_{E_0}$ 7.7767$_n$							$(vv)_x$	0.091
$\log \frac{da}{a}$ 7.1223$_n$		da	−0.00133 ± 0.00041	= +0.00067 ± 0.00041			Anzahl der Gl.	13
		a	+0.00200				Anzahl der Gew.	13
			Korrigierte Elemente:				w. F. einer Gl.	±0″.068
	a		42″.615	±0″.017	—	—		
	e		—	—	0.00531	±0.00059		
Sept. 0.0	i		113° 14′.8	±2′.4	316° 48′.1	±4′.5		

Auflösung Tethys-Enceladus 1906. *y*.

Mittlere Epoche 1906.675.

Korrektionen:		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.		
$\log d(\gamma\sin\theta_0)_{T_0}$ 7.3609$_n$	$d(\gamma\sin\theta_0)$	−7″.89	±2″.88	+0″.07	±3″.06	$(nn)_y$	0.263
$\log d(\gamma\cos\theta_0)_{T_0}$ 0.4217	$d(\gamma\cos\theta_0)$	+0.91	±2.03	−5.88	±3.23		
$\log d(\gamma\sin\theta_0)_{E_0}$ 5.2992						$(vv)_y$	0.151
$\log d(\gamma\cos\theta_0)_{E_0}$ 7.2329$_n$		Epoche von θ 1905 Juli 1.0					
						Anzahl der Gl.	13
		Korrigierte Elemente:				Anzahl der Gew.	13
	Ω	176° 22′.8	±6′.0	168° 2′.8	±9′.1	w. F. einer Gl.	±0″.087
	i	27 27.5	±2.8	28 9.4	±4.2		

Tethys-Enceladus 1907.

Beobachtung — Rechnung.

1907	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Aug. 4	$18^h59^m57^s$	−45.″64	+24.″63	−70.″27	−70.″22	+0.″05	+0.″51	−0.″97	+1.″48	+1.″45	−0.″03
7	18 25 1	+38.41	+33.96	+ 2.45	+ 2.26	−0.19	+0.01	+0.31	−0.30	−0.03	+0.27
11	17 5 53	+18.82	+32.44	−13.62	−13.49	+0.13	+0.57	−0.59	+1.16	+0.96	−0.20
18	19 6 46	+43.03	+31.70	+11.33	+11.22	−0.11	−0.90	+0.58	−1.48	−1.16	+0.32
20	16 21 28	+42.98	−37.01	+70.99	+80.04	+0.05	−0.89	+0.23	−1.12	−1.10	+0.02
25	17 8 35	−37.55	+24.08	−61.63	−61.97	−0.34	+0.19	+0.72	−0.53	−0.54	−0.01
Sept. 7	16 0 37	−46.22	−31.92	−14.30	−14.27	+0.03	+0.73	−0.35	+1.08	+0.90	−0.18
13	15 23 43	−32.04	+30.61	−68.65	−68.87	−0.22	+0.42	−0.13	+0.55	+0.75	+0.20
20	15 26 30	−25.04	+34.70	−60.64	−60.76	−0.12	+0.27	+0.13	+0.14	+0.01	−0.13
26	16 8 3	−46.06	−37.63	− 8.43	− 8.51	−0.08	+0.77	+0.03	+0.74	+0.63	−0.11
29	15 11 43	+37.21	−26.50	+63.71	+63.96	+0.25	−0.80	−0.08	−0.72	−0.70	+0.02
Okt. 1	15 4 20	+24.58	+32.51	− 7.93	− 7.92	+0.01	−0.75	+0.03	−0.78	−0.81	−0.03
5	16 31 31	−18.59	+36.01	−54.60	−54.61	−0.01	−0.21	−0.01	−0.20	−0.60	−0.40
9	15 2 37	−38.25	+33.59	−71.84	−71.67	+0.17	+0.22	+0.05	+0.17	+0.11	−0.06
10	14 38 5	+41.45	−24.03	+65.48	+65.53	+0.05	−0.33	+0.10	−0.43	−0.35	+0.08
16	14 19 40	+38.68	+37.43	+ 1.25	+ 1.45	+0.20	−1.04	−0.02	−1.02	−1.08	−0.06
19	12 22 0	−29.46	+23.14	−52.60	−52.82	−0.22	+1.11	−0.23	+1.34	+1.27	−0.07
Nov. 16	11 43 0	−43.50	−33.78	− 9.72	− 9.76	−0.04	+0.45	+0.21	+0.24	+0.15	−0.09

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1907	de_2	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v	1907	de_2	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v
Aug. 4	1.5662_n	0.6794	1.4302	1.8464_n	+0.″051	Sept. 26	1.5690_n	1.0357	0.8840_n	0.9298_n	+0.″009
7	1.5765_n	1.4061_n	0.9922_n	0.3541	−0.198	29	1.7856_n	1.4648_n	1.4410	1.8059	+0.027
11	1.4887_n	1.6265_n	1.2621	1.1299_n	−0.017	Okt. 1	1.7037_n	1.6056_n	1.2948_n	0.8986_n	+0.022
18	1.7040_n	1.2561	1.3062_n	1.0500	+0.033	5	1.6324_n	1.6365_n	1.0739_n	1.7372_n	+0.008
20	1.4926_n	1.2641	0.9195_n	1.9033	+0.058	9	1.6327_n	1.4360_n	1.2380	1.8553_n	+0.131
25	1.7951_n	1.4497	1.4662_n	1.7922_n	−0.056	10	1.7991_n	1.3432	1.4691	1.8164	−0.046
Sept. 7	1.7250_n	1.0016_n	1.3255	1.1545_n	−0.033	16	1.5789_n	1.4180_n	0.4888_n	0.1620	+0.165
13	1.5512_n	1.5426	1.0100	1.8380_n	−0.073	19	1.7915_n	1.5570	1.4705	1.7228_n	+0.083
20	1.6708_n	1.5983_n	1.1090_n	1.7836_n	−0.071	Nov. 16	1.6004_n	1.0329_n	1.1284	0.9894_n	−0.088

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1907	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Aug. 4	1.3493_n	1.6026_n	1.3461	1.4692_n	−0.″036
7	1.5881	1.3968	1.2203_n	1.5207_n	+0.161
11	1.6655	9.4303_n	1.0003	1.5544_n	−0.051
18	0.3282	1.6683	1.4526_n	1.3925_n	+0.085
20	0.3121	1.6691	0.4718	1.5775	−0.051
25	1.6222_n	1.3250_n	1.5500_n	1.1227_n	−0.009

1907		$d(\gamma \sin\theta_\odot)_1$	$d(\gamma \cos\theta_\odot)_1$	$d(\gamma \sin\theta_\odot)_2$	$d(\gamma \cos\theta_\odot)_2$	r
Sept.	7	1.1115_n	1.6578_n	1.5073	1.3178	+0.010
	13	1.6630_n	1.0478_n	0.8088_n	1.5744_n	+0.033
	20	1.3322	1.0256_n	1.4815_n	1.3044_n	+0.056
	26	1.5150_n	1.5328_n	1.0910	1.5607	+0.066
	29	1.6450	1.2270	1.5723	0.9193	+0.022
Okt.	1	1.6742	8.8300	1.5308_n	1.2336_n	+0.060
	5	1.4313	1.5868_n	1.4731_n	1.3716_n	−0.219
	9	0.4120	1.6713_n	0.0987_n	1.5735_n	+0.026
	10	0.5662	1.6703	1.5788	0.4271	−0.149
	16	1.6348	1.2535	1.4009_n	1.4452_n	−0.101
	19	1.6660_n	0.6456_n	1.5743_n	9.4360	−0.100
Nov.	16	1.2680_n	1.6167_n	1.5361	1.0747	+0.035

Normalgleichungen.

Tethys-Enceladus 1907. *x*.

	$-de_2$	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
$-de_2$	9.983	+1.482	+0.019	+2.279	−0.008	8.2009
de_1		7.066	−0.996	+0.700	−0.965	8.3422
$-de_2$			6.266	+1.286	+0.834	8.4792
$\frac{da}{a}$				6.812	−0.332	8.0967

Tethys-Enceladus 1907. *y*.

	$d(\gamma \sin\theta_\odot)_1$	$d(\gamma \cos\theta_\odot)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_\odot)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_\odot)_2$	n	Log Hom. fakt.
$d(\gamma \sin\theta_\odot)_1$	8.523	+2.543	−0.575	−2.501	−0.076	8.3258
$d(\gamma \cos\theta_\odot)_1$		8.933	−0.094	+1.315	+1.351	8.3214
$-d(\gamma \sin\theta_\odot)_2$			9.183	+4.023	−0.012	8.4212
$-d(\gamma \cos\theta_\odot)_2$				8.409	−0.351	8.4154

Auflösung Tethys-Enceladus 1907. *x*.

Mittlere Epoche 1907.713.

Korrektionen:			Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log de_{En}$	6.7188_n	de	—	—	− 0.00052	±0.00033	$(nn)_x$ 0.369
$\log de_{Te}$	7.4146_n	de	−8.″93	±1.″86	−13.″36	±2.″72	
$\log de_{Fn}$	7.5895_n						$(vv)_x$ 0.123
$\log \frac{da}{a}$	6.9534_n	$\frac{da}{a}$	− 0.00090 ± 0.00032		= + 0.00110 ± 0.00032		Anzahl der Gl. 18
			+ 0.00200				Anzahl der Gew. 18

w. F. einer Gl. ±0.″063

Korrigierte Elemente:

		a	42.″633	±0.″014	—	—
		e	—	—	0.00408	±0.00033
Sept.	0.0	l	237° 45.′4	±1.″9	94° 17.′6	±2.″7

Auflösung Tethys-Enceladus 1907. y.

Mittlere Epoche 1907.713.

Korrektionen:		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log d(\gamma \sin\theta_0)_{Te}$ 7.3362$_n$	$d(\gamma \sin\theta_0)$	− 7.46	±1.87	− 4.54	±2.22	$(nn)_y$ 0.466
$\log d(\gamma \cos\theta_0)_{Te}$ 7.6217	$d(\gamma \cos\theta_0)$	+14.39	±1.78	+11.39	±2.92	$(vv)_y$ 0.145
$\log d(\gamma \sin\theta_0)_{En}$ 7.1210$_n$						
$\log d(\gamma \cos\theta_0)_{En}$ 7.5201	Epoche von θ 1905 Juli 1.0					Anzahl der Gl. 18
	Korrigierte Elemente:					Anzahl der Gew. 18
	Ω	170° 10.5	±3.8	167° 54.6	±5.4	
	i	28 41.6	±1.8	28 14.2	±2.6	w. F. einer Gl. ±0.068

Tethys-Enceladus 1908.

Beobachtung — Rechnung.

1908		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ u	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y$	$O-C$ v
Aug.	29	16h19m57s	−45.23	+20.25	−74.48	−74.67	−0.19	−1.20	+3.07	−4.30	−4.28	+0.02
	30	16 41 54	+40.82	+22.80	+18.02	+17.91	−0.11	+2.78	−3.87	+0.65	+0.82	+0.17
	31	17 19 19	−32.87	−30.65	− 2.22	− 2.28	−0.06	−4.28	−2.88	−1.40	−1.21	+0.19
Sept.	1	17 36 23	+24.40	−20.58	+44.98	+44.98	0.00	+5.20	+4.00	+1.20	+1.19	−0.10
	6	16 52 40	+13.88	+37.58	−23.70	−23.83	−0.13	−0.34	−0.99	−5.35	−5.60	−0.25
	8	16 13 12	+20.30	−32.38	+58.68	+58.57	−0.11	−5.67	+2.49	−8.16	−8.19	−0.03
	12	16 24 55	+40.60	−10.38	+66.07	+66.33	+0.26	−1.02	+3.94	−5.86	−5.97	−0.11
	30	14 47 11	−47.08	−34.48	−12.60	−12.50	+0.10	+1.72	+1.89	−0.17	−0.09	+0.08
	30	16 2 52	−48.00	−37.72	−10.28	−10.28	0.00	+0.72	+0.94	−0.22	−0.19	+0.03
Okt.	3	14 49 1	+44.75	−28.97	+73.72	+74.01	+0.29	+1.55	−2.74	+4.29	+4.36	+0.07
	5	14 29 7	+36.68	+35.70	+ 0.98	+ 1.04	+0.06	+3.24	+1.57	+1.67	+1.65	−0.02
	7	14 43 57	+21.30	−37.87	+59.17	+59.41	+0.24	+4.81	−0.84	+5.65	+5.61	−0.04
	14	14 33 28	+35.31	−25.03	+60.34	+60.37	+0.03	−4.09	−2.94	−1.15	−1.16	−0.01

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1908		$d\varepsilon_2$	$d\varepsilon_1$	$d\varepsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v	1908		$d\varepsilon_2$	$d\varepsilon_1$	$d\varepsilon_2$	$\frac{da}{a}$	v
Aug.	29	1.1890	1.1300	1.3852$_n$	1.8731$_n$	−0.094	Sept.	30	0.8929$_n$	0.9738$_n$	1.2441$_n$	1.0969$_n$	+0.113
	30	1.3374$_n$	1.3709$_n$	1.4882	1.2832	−0.094		30	0.2264$_n$	0.0320$_n$	0.9431$_n$	1.0119$_n$	+0.011
	31	1.2071	1.5315	1.3617	0.3579$_n$	−0.016	Okt.	3	1.4709	1.2402$_n$	1.4133	1.8693	+0.069
Sept.	1	1.2963$_n$	1.6084$_n$	1.5061$_n$	1.6530	−0.142		5	1.3519	1.4904$_n$	1.1763$_n$	0.0152	−0.072
	6	0.9035$_n$	1.6578	0.9086	1.3772$_n$	−0.027		7	1.2149	1.6332$_n$	0.9113	1.7738	+0.017
	8	1.2249$_n$	1.5988	1.3138$_n$	1.7677	−0.135		14	1.5394	1.5084	1.4706	1.7808	−0.084
	12	1.1460$_n$	1.0021	1.5208$_n$	1.8217	+0.152							

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1908		$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	v
Aug.	29	1.5655$_n$	1.4620	1.4264	1.4254	+0.097
	30	1.4599	1.5678$_n$	1.4480$_n$	1.4075	+0.147
	31	1.2469$_n$	1.6383	1.4137$_n$	1.4443$_n$	+0.111
Sept.	1	0.8639	1.6667$_n$	1.4673	1.3777$_n$	−0.043

1908		$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	ϵ
Sept.	6	1.4795	1.5597	0.4142_n	1.5806	$-0''.182$
	8	1.5960	1.4157	1.1810	1.5434_n	$+0.080$
	12	1.6672	0.0737_n	1.4614	1.3957_n	$+0.024$
	30	1.6645_n	1.0862	0.8374	1.5779_n	$+0.015$
	30	1.6373_n	1.2990	0.8813_n	1.5846_n	-0.048
Okt.	3	1.5082	1.5469_n	1.5225_n	1.2924_n	$+0.031$
	5	1.2759	1.6418_n	1.3044	1.4620	$+0.061$
	7	0.5895_n	1.6786_n	1.3010_n	1.5176_n	-0.109
	14	1.6630	1.0813	1.5623_n	1.0914_n	-0.013

Normalgleichungen.

Tethys-Enceladus 1908. *x*.

	$-de_2$	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	n	Log Hom. fakt.
$-de_2$	1.214	+0.064	+1.170	+0.240	+0.150	8.2009
de_1		5.576	+0.682	−0.887	−0.449	8.3422
$-de_2$			6.276	+0.658	−0.114	8.4792
$\frac{da}{a}$				4.565	+0.047	8.0967

Tethys-Enceladus 1908. *y*.

	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_0)_2$	n	Log Hom. fakt.
$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	6.595	−1.935	−0.969	+0.808	−0.401	8.3258
$d(\gamma \cos\theta_0)_1$		6.352	−0.022	+0.020	+0.087	8.3214
$-d(\gamma \sin\theta_0)_2$			5.322	+0.682	−0.344	8.4212
$-d(\gamma \cos\theta_0)_2$				7.697	−0.179	8.4154

Auflösung Tethys-Enceladus 1908. *x*.

Mittlere Epoche 1908.710.

Korrektionen:		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log de_{En}$ 7.4263$_n$	de	—	—	−0.00267	±0.00149	$(nn)_x$ 0.175
$\log de_{Tr}$ 7.2386$_n$	$d\epsilon$	−5.96	±2.43	+4.16	±3.45	$(vv)_x$ 0.110
$\log de_{Ka}$ 7.0830						
$\log \frac{da}{a}$ 6.0055$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00010 ± 0.00045	= +0.00190 ± 0.00045			Anzahl der Gl. 13
		+0.00200				Anzahl der Gew. 13

Korrigierte Elemente:

w. F. einer Gl. ±0.075

	a	42.667	±0.019	—	—	
	e	—	—	0.00193	±0.00149	
Sept. 0.0	l	193° 6.5	±2.4	134° 27.9	±3.5	

Auflösung Tethys-Enceladus 1908. *y*.

Mittlere Epoche 1908.710.

Korrektionen:		Tethys	w. F.	Enceladus	w. F.	
$\log d(\gamma \sin\theta_0)_{Tr}$ 7.1941$_n$	$d(\gamma \sin\theta_0)$	−5.38	±2.20	+6.99	±2.93	$(nn)_y$ 0.161
$\log d(\gamma \cos\theta_0)_{Tr}$ 6.2835$_n$	$d(\gamma \cos\theta_0)$	−0.66	±2.18	+0.78	±2.37	$(vv)_y$ 0.104
$\log d(\gamma \sin\theta_0)_{En}$ 7.3081						
$\log d(\gamma \cos\theta_0)_{En}$ 6.3557						

Epoche von θ 1905 Juli 1.0

Anzahl der Gl. 13

Anzahl der Gew. 13

Korrigierte Elemente:

w. F. einer Gl. ±0.072

Ω	167° 5.9	±4.5	167° 58.1	±5.6	
i	29 6.6	±2.2	28 5.1	±2.6	

A-Mimas 1903—1904.

Beobachtung — Rechnung.

1903		A	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x	C	O	$O-C$		y_1	y	C	O	$O-C$
						x_1-x	x_1-x	n				y_1 y	y_1-y	n
Juli	28	Te	10^{m}18^{m}31^{s}	+44″43	−27″82	+72″25	+72″24	−0″01	+	2″50	+1″98	+ 0″52	+ 0″67	+0″15
	28	Te	10 38 31	+44.82	−27.11	+71.93	+72.17	+0.24	+	1.81	+2.88	− 1.07	− 0.32	+0.75
Sept.	14	Te	14 16 33	−20.98	−21.55	− 5.43		5.21	+0.22	−11.07	−6.17	− 5.50	− 4.75	+0.75
1904														
Juli	3	Te	19 37 58	−29.75	−27.73	− 2.02		2.24	−0.22	+ 7.77	−0.75	+ 8.52	+ 8.58	+0.06
	3	Te	19 59 27	−28.05	−27.81	− 0.24		0.52	−0.28	+ 8.07	0.00	+ 8.07	+ 8.37	+0.30
	3	En	20 21 51	−30.30	−27.50	− 8.74		8.85	−0.11	+ 0.21	+0.78	− 0.57	− 0.29	+0.28
	26	Te	18 51 22	−32.18	−28.37	− 3.81		3.98	−0.17	+ 7.72	−0.20	+ 7.98	+ 8.17	+0.19
Aug.	15	Rh	16 33 29	+76.67	+28.73	+47.94		+48.24	+0.30	+ 7.80	−0.24	+ 8.04	+ 8.09	+0.05
	15	Te	16 50 28	−28.72	+28.73	−57.45		−57.49	−0.04	− 8.48	−0.88	− 7.60	− 7.77	−0.17
	21	En	17 27 25	+14 34	−22.94	+37.28		+37.33	+0.05	− 8.03	−4.73	− 4.20	− 3.92	+0.28
	21	Te	17 45 12	−42.70	−24.27	−18.49		−18.87	−0.38	+ 4.35	−4.17	+ 8.52	+ 8.55	+0.03
	23	En	16 47 19	−26.33	−28.81	+ 2.48		+ 2.20	−0.28	+ 0.86	−0.11	+ 0.97	+ 7.29	+0.32
	23	Te	17 1 41	−36.73	−28.85	− 7.88		− 8.00	−0.12	+ 7.04	+0.29	+ 6.75	+ 6.62	−0.13
	23	Di	17 15 28	−23.07	−28.80	+ 4.83		+ 5.22	+0.39	−14.10	+0.81	−14.91	−14.90	+0.01
	23	Rh	17 31 7	−13.17	−28.66	+15.43		+15.24	−0.19	+20.91	+1.40	+19.51	+19.90	+0.39
	24	Te	16 24 5	+33.80	−28.25	+62.14		+61.90	−0.15	− 7.92	+2.00	− 9.92	− 9.46	+0.46
	24	En	16 39 58	−22.15	−27.75	+ 5.60		+ 5.80	+0.20	− 7.84	+2.58	−10.42	−10.10	+0.32
Sept.	11	En	14 35 34	−32.87	−26.90	− 5.97		− 5.81	+0.16	− 4.34	+3.27	− 7.61	− 7.59	+0.02
	11	Te	14 48 50	−32.80	−26.25	− 6.55		− 7.01	−0.46	+ 8.17	+3.73	+ 4.44	+ 4.06	−0.38
	11	Di	14 59 27	+ 7.90	−25.08	+33.58		+33.71	+0.13	−15.04	+4.97	−19.71	−19.65	+0.06
	11	Rh	15 13 38	+68.61	−24.79	+93.40		+93.78	+0.38	+11.76	+4.51	+ 7.25	+ 7.85	+0.60
	17	Di	15 40 51	−52.47	+27.65	−80.12		−80.18	−0.06	− 0.38	+0.07	− 0.45	− 0.72	−0.27
	17	Te	16 1 48	+20.52	+27.77	− 7.25		− 7.56	−0.31	+10.14	−0.30	+10.53	+10.67	+0.14
	17	Rh	15 35 44	+ 2.71	+27.39	−24.68		−24.30	+0.38	−21.69	+0.60	−22.29	−22.29	0.00
Okt.	7	Te	12 16 22	23.18	+25.66	−48.78		−49.14	−0.36	− 0.53	−3.16	+ 0.39	+ 0.51	−0.12

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s \sin(p-P)$. in $y = s \cos(p-P)$.

1903		$d(e\sin\pi)$	$d(e\cos\pi)$	de	r	$d(e\sin\pi)$	$d(e\cos\pi)$	de	$d(\gamma\sin\theta_0)$	$d(\gamma\cos\theta_0)$	v
Juli	28	1.4167	1.1697	0.7497	−0″001	0.0209$_n$	1.2470	0.0504	1.2302	1.3175	−0″106
	28 ½	1.4230	1.2402	0.9134	+0.228	0.8240$_n$	1.2430	0.9453	1.2718	1.2709	+0.505
Sept.	14 ½	1.2495	1.5313	1.2580$_n$	+0.290	1.2220$_n$	0.3373$_n$	0.8693	1.1440	1.3316	+0.519
1904											
Juli	3	1.4220	0.9904$_n$	0.3974$_n$	−0.007	0.4024	1.1101	0.8104	0.8643	1.4155	−0.145
	3	1.4300	0.8444$_n$	0.5290	−0.179	0.5512	1.1053	0.8206	0.9604	1.3999	+0.094
	3	1.4475	0.6287$_n$	0.5173	−0.030	0.0233	1.0953	0.8169	1.0074	1.3781	+0.076
	26	1.4549	8.7250$_n$	0.1402$_n$	−0.073	0.0914$_n$	1.1435	0.8435	1.1891	1.3577	−0.040
Aug.	15	1.4005	1.1448	9.8104	+0.337	0.8850$_n$	1.1075	0.8732$_n$	1.3800$_n$	1.1449$_n$	+0.164
	15	1.3821	1.2033	0.2097$_n$	+0.002	0.8559$_n$	1.1175	0.8732$_n$	1.3987$_n$	1.0808$_n$	−0.061
	21	1.0102	1.1053	1.2550$_n$	+0.248	1.0176$_n$	0.8878	0.7806	1.1281	1.3930	+0.039
	21	1.3855	1.0803	1.2070$_n$	−0.198	1.0254$_n$	0.9182	0.8051	1.1864	1.3716	−0.214
	23	1.3795	1.2180	0.3328$_n$	−0.230	0.9995$_n$	1.0603	0.8812	1.3996	1.0827	+0.091
	23	1.3609	1.2438	9.8781$_n$	−0.002	0.9881$_n$	1.0090	0.8818	1.4086	1.0358	−0.354
	23	1.3384	1.2775	0.0305	+0.402	0.6696$_n$	1.0799	0.8811	1.4188	0.9639	−0.208
	23	1.3158	1.3164	0.4967	−0.199	0.0469$_n$	1.0890	0.8782	1.4279	0.8605	+0.180
	24	1.2890	1.3622	0.7208	−0.181	0.9319$_n$	1.0914	0.8730	1.4360	0.6816	+0.262
	24	1.2763	1.3985	0.8639	+0.150	0.9030$_n$	1.0957	0.8658	1.4398	0.4453	+0.133

1904	$d(e\sin\pi)$	$d(e\cos\pi)$	de	v	$d(e\sin\pi)$	$d(e\cos\pi)$	de	$d(\gamma\sin\theta_0)$	$d(\gamma\cos\theta_0)$	v
Sept. 11	0.9420	1.4978	0.9662	+0.051	1.0552_n	0.9837	0.8655	1.4217	0.8578_n	−0.120
11 ½	0.9147	1.5197	1.0364	−0.585	1.0370_n	0.9897	0.8550	1.4130	0.9446_n	−0.508
11	0.9000	1.5366	1.0835	−0.006	1.0218_n	0.9925	0.8453	1.4049	1.0014_n	−0.059
11 ½	0.8893	1.5589	1.1385	+0.228	1.0001_n	0.9933	0.8301	1.3918	1.0674_n	+0.499
17	1.1474	1.3868	0.4098	−0.096	1.1494_n	0.7578	0.8810_n	1.4258_n	0.1823_n	−0.209
17	1.0986	1.3955	9.9989	−0.343	1.1460_n	0.7869	0.8829_n	1.4268_n	7.8905_n	+0.195
17	1.2004	1.3805	0.0451	+0.309	1.1518_n	0.7173	0.8769_n	1.4227_n	0.5191_n	+0.072
Okt. 7 ½	0.7824_n	1.4831	0.9425_n	−0.409	1.1497_n	0.5275	0.8545_n	1.2979_n	1.2238	−0.158

Normalgleichungen.

	$-d(e\sin\pi)$	$-d(e\cos\pi)$	$-de$	$-d(\gamma\sin\theta_0)$	$-d(\gamma\cos\theta_0)$	n	Log Hom. fakt.
$-d(e\sin\pi)$	8.453	+3.278	−1.281	−0.949	−0.540	−1.028	8.3898
$-d(e\cos\pi)$		9.828	+3.119	+2.823	+2.254	+1.339	8.4411
$-de$			7.895	+7.132	+3.479	+2.239	8.7420
$-d(\gamma\sin\theta_0)$				14.815	+5.018	+2.836	8.5602
$-d(\gamma\cos\theta_0)$					8.286	+2.036	8.5845

Auflösung Mimas 1903—1904.

Mittlere Epoche 1904.519.

Korrektionen:		Mimas	w. F.
$\log d(e\sin\pi)$	7.4929	$d(e\sin\pi)$	+ 0.0031	± 0.0015
$\log d(e\cos\pi)$	7.4241_n	$d(e\cos\pi)$	− 0.0027	± 0.0017
$\log de$	7.7637_n	de	−19'.95	±15'.53
$\log d(\gamma\sin\theta_0)$	7.4217_n	$d(\gamma\sin\theta_0)$	− 9.08	± 8.89
$\log d(\gamma\cos\theta_0)$	7.6750_n	$d(\gamma\cos\theta_0)$	−16.27	± 8.39

Epoche von π, θ 1904 Juli 1.0

	Korrigierte Elemente:		
1904 Juli 0.0	l	225° 25'.8	±15'.5
	e	0.0229	
	π	155°.9	
	Ω	171° 33'.4	±18'.2 [1]
	i	28 24.5	± 8.6

(nn)	3.155
$(vv)_x$	1.147
$(vv)_y$	1.056
(vv)	2.203

Anzahl der Gl. 50
Summe der Gew. 45
w. F. einer Gl. ±0".158

A-Mimas 1905—1906.

Beobachtung — Rechnung.

1905		A	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x	C x_1-x	O x_1-x	$O-C$ n	y_1	y	C y_1-y	O y_1-y	$C-O$ n
Juli	9	En	18h 5m 5s	+10".00	+25".98	− 6".98	− 6".94	+0".04	− 4".68	− 2".30	− 2".29	− 2".68	−0".39
	9	Te	18 19 38	+30.58	+25.14	+11.44	+11.38	−0.06	− 3.02	− 2.68	− 0.34	− 0.06	+0.28
Aug.	1	En	17 14 12	+33.10	−26.42	+59.52	+59.56	+0.04	+ 2.70	− 1.74	+ 4.53	+ 4.48	−0.05
	1	Rh	18 27 27	−58.85	−28.64	−30.21	−29.87	+0.34	+ 8.91	+0.07	+ 8.84	+ 8.91	+0.07

[1] Die Bahnlageelemente Ω i beziehen sich bei Mimas auf die neuen, von mir abgeleiteten Werte für die Lage des Saturnsäquators (vgl. A. N. 4880 S. 146).

1905		Red. mittl. Zeit Berlin	x_A	x	C $x_A - x$	O $x_A - x$	$O-C$ n	y_A	y	C $y_A - y$	O $y_A - y$	$O-C$ n
Aug. 3	En	$16^h 54^m 34^s$	−26".33	−27".59	+ 1".26	+ 1".45	+0".19	− 4".28	+1".89	− 6".17	− 6".14	+0".03
3	Te	17 5 53	−18.86	−27.13	+ 8.27	+ 8.60	+0.33	− 6.74	+2.16	− 8.90	− 8.99	−0.09
3	Di	17 16 9	−29.97	−26.78	− 3.19	− 3.06	+0.13	− 8.36	+2.32	−10.68	−10.53	+0.15
18	Rh	16 37 23	−57.15	−27.73	−29.42	−29.18	+0.24	−10.71	−1.15	− 9.56	− 9.34	+0.22
18	Di	17 37 53	+26.81	−29.06	+55.87	+56.06	+0.19	+ 9.16	+0.40	+ 8.76	+ 8.96	+0.20
19	Rh	16 23 31	−69.42	−29.08	−40.34	−40.23	+0.11	+ 7.30	+0.64	+ 6.66	+ 7.03	+0.37
19	En	16 36 31	+35.99	−29.00	+64.99	+65.63	+0.64	− 1.80	+0.97	− 2.77	− 2.38	+0.39
21	En	15 34 2	−36.85	−24.86	−11.99	−11.72	+0.27	− 1.01	+3.34	− 4.35	− 4.22	+0.13
21	Te	15 44 23	+21.06	−23.88	+44.94	+45.02	+0.08	+ 7.14	+3.62	+ 3.52	+ 3.86	+0.34
21	Di	16 6 44	+47.60	−22.01	+69.61	+69.70	+0.09	+ 6.19	+4.03	+ 2.16	+ 2.21	+0.05
27	En	16 7 57	+25.81	+28.04	− 3.13	− 3.00	+0.13	+ 4.87	−0.37	+ 5.24	+ 5.08	−0.16
27	Te	16 17 27	+45.97	+29.01	+16.96	+16.95	−0.01	− 0.02	−0.02	+ 0.60	+ 0.93	+0.33
27	Di	16 27 3	+48.70	+29.03	+19.67	+19.76	+0.09	− 6.04	−0.87	− 5.17	− 5.18	−0.01
Sept. 21	Rh	16 4 50	+65.85	−28.90	+94.75	+94.92	+0.17	+ 9.71	+1.13	+ 8.58	+ 8.88	+0.30
21	Di	16 16 7	+ 6.59	−28.75	+35.34	+35.45	+0.11	−11.19	+1.42	−12.61	−13.24	(−0.63)
21	En	16 29 29	+25.15	−28.47	+53.62	+53.93	+0.31	− 5.18	+1.74	− 6.92	− 6.84	+0.08
Okt. 8	En	13 29 11	−34.22	−26.59	− 7.63	− 7.51	+0.12	− 2.19	−1.34	− 0.85	− 0.95	−0.10
1906												
Aug. 15	En	16 51 30	−37.13	−27.36	− 9.77	− 9.67	+0.10	− 0.35	+1.51	− 1.86	− 1.79	+0.07
15	Te	16 58 19	+46.38	−27.03	+73.41	+73.59	+0.18	+ 0.95	+1.57	− 0.62	− 0.44	+0.18
22	En	17 16 4	−29.92	+29.36	−59.28	−58.97	+0.31	+ 1.76	−0.97	+ 2.73	+ 2.44	−0.29
Sept. 1	Te	15 56 58	+46.15	−27.03	+73.78	+73.65	−0.13	+ 1.39	+1.02	− 0.23	− 0.37	−0.14
1	En	16 6 7	+25.84	−27.16	+53.00	+53.31	+0.31	+ 2.32	+1.71	+ 0.61	+ 0.61	0.00
19	En	13 44 44	+34.92	−27.29	+62.21	+62.33	+0.12	+ 1.37	+1.73	− 0.36	− 0.24	+0.12
19	Te	13 54 52	−45.53	−26.73	−18.80	−18.70	+0.10	− 1.66	+1.83	− 3.49	− 3.47	+0.02
Okt. 12	Te	14 7 19	−25.28	+28.32	−53.60	−53.73	−0.13	+ 4.47	−0.60	+ 5.07	+ 5.01	−0.06
14	En	12 35 37	+21.63	+26.87	− 5.24	− 4.92	+0.32	− 3.21	−1.46	− 1.75	− 1.77	−0.02
14	Te	12 46 4	−17.70	+26.41	−44.11	−44.43	−0.32	+ 5.08	−1.57	+ 6.65	+ 6.81	+0.16

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s \sin (p - P)$. in $y = s \cos (p - P)$.

1905	$d(e \sin \pi)$	$d(e \cos \pi)$	$d\epsilon$	v	$d(e \sin \pi)$	$d(e \cos \pi)$	$d\epsilon$	$d(\gamma \sin \theta_0)$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	v
Juli 9	1.5523	0.1913_n	1.0880_n	−0".067	0.6413	0.8364	0.5978_n	1.4045_n	1.1041_n	−0".327
9	1.5739	0.0255_n	1.1435_n	−0.173	0.6489	0.8189	0.5836_n	1.4177_n	1.0431_n	+0.353
Aug. 1	1.5349	0.9428_n	1.0696_n	−0.047	0.3549_n	0.9321	0.6354	1.2241	1.3632	−0.145
1	1.4621	9.6631_n	0.3460_n	+0.238	0.9668_n	0.9698	0.6706	1.3685	1.2053	−0.048
3	1.4737	1.0102	0.8792	+0.044	9.4962	0.9621	0.6572	1.4395	0.7971	−0.097
3	1.4838	1.0638	0.9559	+0.175	9.7296	0.9561	0.6499	1.4439	0.6790	−0.217
3	1.4910	1.0934	0.9977	−0.030	0.8251	0.9515	0.6443	1.4459	0.5825	+0.024
18	1.5206	0.5614	0.9671_n	+0.125	0.6955_n	0.9245	0.6824	1.3848	1.1912	+0.117
18	1.4404	0.9788	0.1040_n	+0.068	0.5922_n	0.9686	0.7028	1.4385	0.9143	+0.087
19	1.4294	1.0457	8.9005_n	−0.015	0.5919_n	0.9706	0.7045	1.4450	0.8209	+0.257
19 ½	1.4193	1.1055	0.2233	+0.506	0.5582_n	0.9747	0.7033	1.4499	0.6925	+0.281
21	1.4410	1.4236	1.1630	+0.082	0.2258_n	0.9508	0.6395	1.4286	0.9643_n	+0.028
21	1.4587	1.4458	1.2066	−0.119	0.1566_n	0.9405	0.6219	1.4179	1.0369_n	+0.242
21	1.4915	1.4749	1.2671	−0.125	0.0352_n	0.9191	0.5865	1.3951	1.1326_n	−0.042
27	1.4116	1.1323	0.2348	0.000	0.7492_n	0.9400	0.7142_n	1.4496_n	0.6590_n	−0.053
27	1.3992	1.1649	9.6381	−0.137	0.7348_n	0.9469	0.7153_n	1.4526_n	0.5203_n	+0.435
27	1.3882	1.1973	9.9344_n	−0.035	0.7188_n	0.9530	0.7155_n	1.4548_n	0.3102_n	+0.094
Sept. 21	1.1480	1.4063	0.2374	+0.057	0.9649_n	0.7937	0.7450	1.4234	1.0098_n	+0.232
21	1.1122	1.4226	0.5057	−0.004	0.9553_n	0.8079	0.7427	1.4137	1.0633_n	(−0.696)
21	1.0706	1.4432	0.6940	+0.194	0.9425_n	0.8222	0.7384	1.4004	1.1175_n	+0.018
Okt. 8	1.2505	1.4626	1.0265_n	+0.006	1.0306_n	9.8964	0.7222	1.4386	0.7661_n	−0.157

1906		$d(e\sin\pi)$	$d(e\cos\pi)$	de	v	$d(e\sin\pi)$	$d(e\cos\pi)$	de	$d(\gamma\sin\theta_0)$	$d(\gamma\cos\theta_0)$	r
Aug.	15	1.4700	1.1877	0.9770	−0″.060	9.2776$_n$	0.6098	0.3028	1.4353	0.9812$_n$	−0″.022
	15	1.4763	1.2101	1.0152	+0.014	9.1105$_n$	0.6061	0.2975	1.4299	1.0190$_n$	+0.088
	22	1.4347	1.0720	0.3264$_n$	+0.186	0.1328$_n$	0.6392	0.3580$_n$	1.4595$_n$	0.7461	−0.200
Sept.	1	1.3736	1.3854	0.9920	−0.291	0.2162$_n$	0.6449	0.3054	1.3756	1.2310$_n$	−0.211
	1	1.3779	1.4065	1.0407	+0.141	0.1879$_n$	0.6425	0.3580	1.3613	1.2555$_n$	−0.068
	19	1.1548	1.5028	1.0359	−0.025	0.5186$_n$	0.6169	0.4143	1.2301	1.3766$_n$	+0.085
	19	1.1522	1.5208	1.0834	−0.050	0.5006$_n$	0.6172	0.4052	1.1998	1.3900$_n$	−0.011
Okt.	12	0.9480	1.4303	9.8504	−0.226	0.7627$_n$	0.2226	0.4790$_n$	1.2295$_n$	1.3519	−0.002
	14	9.6183$_n$	1.5119	0.9613$_n$	+0.264	0.7274$_n$	0.3731	0.4590$_n$	0.8603$_n$	1.4358	−0.001
	14	0.0855$_n$	1.5275	1.0201$_n$	−0.374	0.7177$_n$	0.3891	0.4515$_n$	0.7707$_n$	1.4413	+0.172

Normalgleichungen.

	$-d(e\sin\pi)$	$-d(e\cos\pi)$	$-de$	$-d(\gamma\sin\theta_0)$	$-d(\gamma\cos\theta_0)$	n	Log Hom. fakt.
$-d(e\sin\pi)$	14.483	+7.633	+2.429	−0.841	−0.092	+2.589	8.4261
$-d(e\cos\pi)$		13.302	+4.976	+2.517	−0.086	+2.472	8.4725
$-de$			9.190	+5.197	−0.543	+1.489	8.7329
$-d(\gamma\sin\theta_0)$				20.651	−2.602	+2.151	8.5405
$-d(\gamma\cos\theta_0)$					8.038	−0.084	8.5587

Auflösung Mimas 1905—1906.

Mittlere Epoche 1905.986.

Korrektionen:			Mimas	w. F.
$\log d(e\sin\pi)$	7.5680$_n$	$d(e\sin\pi)$	− 0.0037	±0.0010
$\log d(e\cos\pi)$	7.3575$_n$	$d(e\cos\pi)$	− 0.0023	±0.0012
$\log de$	7.2344$_n$	de	− 5″.90	±8″.55
$\log d(\gamma\sin\theta_0)$	7.5172$_n$	$d(\gamma\sin\theta_0)$	−11.31	±3.37
$\log d(\gamma\cos\theta_0)$	6.9536$_n$	$d(\gamma\cos\theta_0)$	− 3.09	±5.18

(an) 2.376

$(vv)_x$ 0.780

$(vv)_y$ 0.798

(vv) 1.578

Epoche von π, θ 1905 Juli 1.0

Anzahl der Gl. 62

Summe der Gew. 59

Korrigierte Elemente:

1906 Jan. 0.0	l	66° 26′.2	±8′.6
	e	0.0202	
	π	347°.5	
	Ω	165° 10′.5	±9′.2 [1]
	i	27 43.3	±4.4

w. F. einer Gl. ±0″.115

A-Mimas 1907—1908.

Beobachtung — Rechnung.

1907		A	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x	C x_1-x	O x_1-x	$O-C$ n	y_1	y	C y_1-y	O y_1-y	$O-C$ n
Aug.	7	Rh	19^{h}16^{m}29^s	−82″.12	−27″.30	−54″.82	−54″.03	−0″.11	−0″.30	+1″.02	−1″.32	−1″.32	0″.00
	7	Te	19 24 33	+34.68	−27.63	+62.31	+62.13	−0.18	+0.17	+0.99	−0.82	−0.25	(+0.57)
	11	Rh	16 59 42	−49.67	−23.04	−25.73	−25.58	+0.15	+1.50	+0.22	+1.37	+1.26	−0.11
	18	Te	17 59 14	+39.67	+26.62	+13.05	+13.36	+0.31	−0.85	−0.38	−0.47	−0.25	+0.22

[1] Vgl. Anmerkung S. 74.

1907		A	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x	C x_1-x	O x_1-x	$O-C$ n	y_1	y	C y_1-y	O y_1-y	$O-C$ n
Aug.	18	Rh	18^h 4^{m}20^s	+71".46	+26".27	+ 45".19	+ 45".51	+0".32	−0".65	−0".35	−0".30	−0".23	+0".07
Sept.	12	Rh	16 7 4	−77.31	−29.79	− 47.52	− 47.49	+0.03	−0.12	+0.73	−0.85	−0.42	+0.43
	12	Te	16 13 34	+34.58	−29.68	+ 64.26	+ 64.21	−0.05	−0.45	+0.71	−1.16	−1.07	+0.09
	13	Te	15 9 53	−33.19	−20.23	− 3.96	− 3.80	+0.16	+0.47	+0.62	−0.15	−0.22	−0.07
	13	Rh	15 16 14	−51.01	−29.04	− 21.07	− 22.02	−0.05	−0.94	+0.60	−1.54	−1.69	−0.15
	13	Te	16 44 18	−23.00	−23.74	− 1.35	− 1.28	+0.07	+0.36	+0.20	+0.16	+0.02	−0.14
	20	Te	15 40 0	−27.69	+29.61	− 57.30	− 57.33	−0.03	+0.20	−0.73	+0.93	+0.95	+0.02
	20	Rh	15 52 21	+24.63	+29.63	− 5.00	− 5.09	−0.09	+0.55	−0.71	+1.26	+1.10	−0.16
	20	Rh	16 22 30	+22.24	+29.30	− 7.06	− 7.26	−0.20	+0.54	−0.62	+1.16	+1.09	−0.07
	20	Te	16 36 50	+30.91	−26.36	+ 57.27	+ 57.55	+0.28	−0.78	+0.32	−1.10	−1.29	−0.19
Okt.	6	Te	15 48 53	+21.79	+28.93	− 7.14	− 7.09	+0.05	+0.27	−0.66	+0.93	+0.90	−0.03
	9	Te	14 54 57	−37.80	+20.73	− 58.53	− 58.20	+0.33	+0.11	−0.04	+0.15	+0.07	−0.08
	9	Rh	15 9 36	−69.83	+19.27	− 89.10	− 88.87	+0.23	−0.72	+0.01	−0.73	−0.81	−0.08
	16	Te	14 8 53	+39.46	−29.71	+ 69.17	+ 69.13	−0.04	−1.03	+0.47	−1.50	−1.51	−0.01
	16	Rh	14 14 34	+79.39	−29.64	+109.03	+109.00	−0.03	+0.75	+0.46	+0.29	+0.23	−0.06
1908													
Aug.	29	Te	16 32 34	−44.03	+29.61	− 74.54	− 74.45	+0.09	−1.38	−0.19	−1.19	−1.11	+0.08
	29	Rh	16 38 55	−36.41	+29.49	− 65.90	− 65.89	+0.01	+0.06	−0.06	+0.12	+0.18	+0.06
	30	Te	16 26 41	+41.69	+26.58	+ 15.11	+ 15.10	−0.01	+2.47	+1.28	+1.19	+1.43	+0.24
	30	Rh	16 33 23	−81.65	+26.16	−107.81	−107.82	−0.01	−2.98	+1.40	−4.38	−4.36	+0.02
Sept.	6	Rh	16 35 16	+71.31	−29.91	+101.22	+101.57	+0.35	+5.76	+0.66	+5.10	+5.04	−0.06
	6	Te	16 44 0	+12.93	−29.85	+ 42.78	+ 42.69	−0.09	−0.32	+0.49	−0.81	−0.76	+0.05
	8	Te	15 58 10	+24.71	−24.21	+ 48.92	+ 49.40	+0.48	−5.77	−1.79	−3.98	−4.19	−0.21
	8	Rh	16 4 3	−83.53	−23.72	− 59.81	− 60.00	−0.19	−2.25	−1.89	−0.36	−0.29	+0.07
	29	Te	17 26 5	+48.02	+28.93	+ 19.09	+ 19.21	+0.12	−0.77	−1.45	+0.68	+0.63	−0.05
	29	Rh	17 33 40	+28.12	+29.19	− 1.07	− 1.01	+0.06	+8.48	−1.31	+9.79	+9.79	0.00
	30	Te	15 26 36	−47.82	+27.14	− 74.96	− 74.40	+0.56	+1.27	−2.03	+3.30	+3.43	+0.13
	30	Rh	15 43 12	−70.02	+28.05	− 98.07	− 97.58	+0.49	+4.79	−1.77	+6.56	+6.67	+0.11

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s \sin (p - P)$. in $y = s \cos (p - P)$.

1907		$d(e \sin \pi)$	$d(e \cos \pi)$	$d\epsilon$	v	$d(\gamma \sin \theta_0)$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	r
Aug.	7	0.9435_n	1.5079_n	0.9825_n	−0".107	0.5005_n	1.4587	−0".018
	7	0.8996_n	1.4974_n	0.9328_n	−0.179	0.3188_n	1.4599	(+0.553)
	11	1.2093	1.5587_n	1.1990	+0.027	1.3443	1.2622	−0.089
	18	1.2786	1.5109_n	1.1226_n	+0.222	1.3576_n	$1\ 2809_n$	+0.198
	18	1.2916	1.5180_n	1.1447_n	+0.230	1.3669_n	1.2673_n	+0.047
Sept.	12	1.3122	1.3444_n	0.3720	−0.071	1.3689	1.2696	+0.453
	12	1.3284	1.3359_n	0.5112	−0.155	1.3787	1.2524	+0.114
	13	1.4828	1.3068_n	0.7708	+0.043	1.4088	1.1833	−0.042
	13	1.3978	1.3015_n	0.8294	−0.171	1.4161	1.1604	−0.121
	13	1.5618	1.3417_n	1.2470	−0.107	1.4691	0.4474	−0.100
	20	1.3328	1.3085_n	9.2000	−0.130	1.3799_n	1.2399_n	−0.005
	20	1.3454	1.2951_n	9.8598_n	−0.191	1.3893_n	1.2218_n	−0.186
	20	1.4086	1.2379_n	0.6914_n	−0.304	1.4263_n	1.1158_n	−0.101
	20	1.5674	0.9876_n	1.1404	+0.121	1.4737	9.3998_n	−0.149
Okt.	6	1.3076	1.2263_n	0.6239	−0.064	1.4080_n	1.1506_n	−0.058
	9	1.6719	0.5747_n	1.3256_n	+0.191	1.4187_n	1.1392	−0.123
	9	1.6886	0.6725_n	1.3531_n	+0.086	1.4025_n	1.1915	−0.123
	16	1.4684	0.7763_n	0.3235	−0.152	1.4705	0.5751	+0.029
	16	1.4731	0.7228_n	0.4574	−0 144	1.4717	0.4760	−0.020

1908		$d(e\sin\pi)$	$d(e\cos\pi)$	$d\epsilon$	r	$d(\gamma\sin\theta_0)$	$d(\gamma\cos\theta_0)$	r
Aug.	29	1.1002	1.4467_n	0.0030_n	+0".017	1.4054_n	1.1822_n	+0".052
	29	1.1294	1.4470_n	0.0876_n	−0.065	1.4129_n	1.1605_n	+0.031
	30	1.3631	1.4025_n	1.1483_n	−0.110	1.4684_n	0.7042_n	+0.201
	30	1.3765	1.5009_n	1.1726_n	−0.111	1.4707_n	0.6195_n	−0.019
Sept.	6	1.1145	1.4304_n	0.5104	+0.272	1.4079	1.1783	−0.032
	6	1.1502	1.4229_n	0.1878	−0.174	1.4174	1.1468	+0.079
	8	1.4852	1.4589_n	1.2340	+0.314	1.4660	0.4906_n	−0.166
	8	1.4932	1.4073_n	1.2504	−0.358	1.4050	0.5912_n	+0.112
	29	1.2896	1.4158_n	0.8713	+0.011	1.4327_n	1.0853_n	−0.081
	29	1.2954	1.3982_n	0.8058	−0.048	1.4366_n	1.0489_n	−0.033
	30	1.2078	1.4870_n	1.0880	+0.376	1.3942_n	1.2097_n	+0.104
	30	1.2939	1.4537_n	1.0044	+0.373	1.4153_n	1.1528_n	+0.080

Normalgleichungen.

Mimas 1907—1908. x.

	$-d(e\sin\pi)$	$-d(e\cos\pi)$	$-d\epsilon$	n	Log Hom. fakt
$-d(e\sin\pi)$	8.291	−7.779	+0.462	+1.764	8.3114
$-d(e\cos\pi)$		14.513	−0.912	−1.967	8.4413
$-d\epsilon$			7.509	+0.354	8.6469

Mimas 1907—1908. y.

	$-d(\gamma\sin\theta_0)$	$-d(\gamma\cos\theta_0)$	n	Log Hom. fakt
$-d(\gamma\sin\theta_0)$	22.881	+7.926	−0.823	8.5263
$-d(\gamma\cos\theta_0)$		7.221	−0.223	8.5401

Auflösung Mimas 1907—1908. x.

Mittlere Epoche 1908.087.

Korrektionen:			Mimas	w. F.	
$\log d(e\sin\pi)$	7.5383_n	$d(e\sin\pi)$	−0.0035	±0.0014	$(nn)_x$ 1.510
$\log d(e\cos\pi)$	7.0959	$d(e\cos\pi)$	+0.0013	±0.0015	$(vv)_x$ 1.113
$\log d\epsilon$	7.1422_n	$d\epsilon$	−4'.77	±7'.52	

Epoche von π 1907 Sept. 15.0.

Anzahl der Gl. 31
Summe der Gew. 31

Korrigierte Elemente:

	e	0.0218		
Ep. 1908.087	π	30°0		w. F. einer Gl. ± 0".135
1908 Jan. 0.0	l	1 289° 30'.9	±7'.5	

Auflösung Mimas 1907—1908. y.

Mittlere Epoche 1908.087.

Korrektionen:			Mimas	w. F.	
$\log d(\gamma\sin\theta_0)$	7.1368	$d(\gamma\sin\theta_0)$	+4'.71	±2'.80	$(nn)_y$ 0.544
$\log d(\gamma\cos\theta_0)$	6.6818_n	$d(\gamma\cos\theta_0)$	−1.65	±5.15	$(vv)_y$ 0.515

Epoche von θ 1907 Sept. 15.0.

Anzahl der Gl. 31
Summe der Gew. 30

Korrigierte Elemente:

Ep. 1908.087	Ω	166° 36'.1	+9'.0[1]	w. F. einer Gl. ± 0".091
	i	26 37.7	+4.2	

[1] Vgl. Anmerkung S. 74.

Die Reduktion der Beobachtungsreihen am Yerkes-Observatory.

Tethys-Rhea 1910—1912.

1910	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Juli 17	$15^h40^m31^s$	20.20	$+3^m.70$	152° 37.2	−26.0	8	4	
Sept. 10	13 40 42	44.15	3.88	95 43.8	− 0.3	8	5	
25	13 30 0	08.22	3.95	280 52.8	− 7.5	8	5	Korr. in p + 1°
Okt. 2	11 51 28	77.01	5.07	93 1.8	− 5.6	10	5	
9	11 48 58	37.77	4.62	277 5.4	+ 3.7	8	5	
Nov. 1	11 10 42	46.26	4.93	276 3.0	− 0.5	8	5	
11	11 35 23	47.02	4.78	250 21.6	−11.1	8	5	
29	10 27 19	38.08	4.75	142 15.0	−52.7	8	5	
Dez. 13	8 29 24	18.95	5.10	121 18.6	+13.3	10	5	
20	8 44 52	18.92	4.20	349 0.0	−45.6	10	5	
1911								
Jan. 10	8 54 57	112.55	5.37	80 30.6	− 7.7	10	5	
1911								
Aug. 15	16 28 23	06.59	4.08	74 1.2	−10.4	8	5	
20	15 51 4	66.27	4.10	80 12.6	− 6.2	8	5	
29	14 55 55	20.16	4.02	33 0.0	− 2.5	8	5	
Sept. 1	14 58 30	54.15	4.08	105 41.4	− 8.3	10	5	
19	15 38 15	48.44	5.13	166 34.8	−06.0	8	5	
Okt. 3	13 30 12	105.17	4.85	97 0.6	− 0.3	8	5	
20	14 31 35	20.52	4.23	221 37.2	+ 0.0	8	5	
27	13 3 57	47.21	5.10	73 31.2	− 4.8	8	5	
Dez. 10	7 58 10	77.22	6.00	117 57.0	−27.2	8	5	
1912								
Jan. 30	7 20 40	83.97	4.15	72 34.8	−11.3	8	5	
März 4	7 17 38	31.60	3.78	147 31.8	−30.4	8	4	
9	6 59 6	37.20	+3.43	187 12.0	−45.8	8	5	

Die im Astr. Journal angegebene Beobachtung Tethys-Rhea 1912 Febr. 19 gehört zu Dione—Rhea.

Beobachtung — Rechnung.

1910	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ u	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ v
Juli 17	$21^h16^m0^s$	−43.18	−52.58	+ 9.40	+ 9.53	+0.13	− 0.68	+17.16	−17.84	−17.81	+0.03
Sept. 10	19 23 14	−39.85	−83.83	+ 43.98	+ 43.95	−0.03	− 8.22	− 4.03	− 4.19	− 4.20	−0.01
25	19 13 53	−47.18	+40.17	− 90.35	− 90.01	−0.26	− 3.78	−21.15	+17.37	+17.73	+0.36
Okt. 2	17 35 48	+12.48	−64.23	+ 76.71	+ 76.94	+0.23	+13.77	+17.36	− 3.59	− 3.40	+0.19
9	17 33 41	+42.51	+79.80	− 37.29	− 37.51	−0.22	− 6.37	−10.51	+ 4.14	+ 4.40	+0.26
Nov. 1	16 55 44	+41.25	+87.12	− 45.87	− 46.06	−0.19	+ 7.89	+ 3.54	+ 4.35	+ 4.32	−0.03
11	17 20 9	+ 4.25	− 43.01	14.01	−0.10	+ 7.26	+24.22	−16.96	−16.54	+0.42	
29	16 11 18	+41.18	+16.45	+ 24.73	+ 24.24	−0.49	− 0.10	+22.88	−28.98	−29.37	−0.39
Dez. 13	14 11 43	−10.81	−27.14	+ 16.33	+ 16.32	−0.01	+11.82	+21.43	− 9.61	− 9.63	−0.02
20	14 20 25	+40.82	+51.00	− 4.18	− 4.18	0.00	+ 0.57	−17.07	+18.24	+18.45	+0.21
1911											
Jan. 10	14 33 48	+31.30	−80.68	+112.07	+112.20	+0.13	+ 8.71	− 0.60	+ 9.31	+ 8.91	−0.40

1911	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ u	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ u
Aug. 15	22h 6m38s	+17″48	−75″68	+ 93″16	+ 93″43	+0″27	+14.82	− 9″57	+24″39	+24″50	+0″11
20	21 30 1	+19.47	−45.95	+ 65.42	+ 65.56	+0.14	−14.98	−24.69	+ 9.71	+ 9.71	0.00
29	20 36 3	−41.79	−53.42	+ 11.63	+ 11.43	−0.20	− 6.55	−23.14	+16.59	+16.60	+0.01
Sept. 1	20 39 3	+25.16	−26.41	+ 51.57	+ 51.77	+0.20	+13.84	+29.24	−15.40	−15.87	−0.47
19	21 20 59	−12.02	−22.99	+ 10.97	+ 10.95	−0.02	−16.55	+30.47	−47.02	−47.19	−0.17
Okt. 3	19 14 19	+42.48	−61.33	+103.81	+104.09	+0.28	+ 8.01	+22.78	−14.77	−15.07	−0.30
20	20 16 54	+37.72	+51.68	− 13.96	− 14.00	−0.04	+10.90	+25.91	−15.01	−15.00	+0.01
27	18 49 33	+12 07	−33.58	+ 45.05	+ 45.52	−0.13	−17.12	−29.54	+12.42	+12.53	+0.11
Dez. 19	13 42 0	+ 3.62	−64.57	+ 68.19	+ 68.06	−0.13	−16.40	+20.02	−36.42	−36.48	−0.06
1912											
Jan. 30	13 8 22	+45.05	−35.44	+ 80.49	+ 80.31	−0.18	− 0.75	−25.00	+24.25	+24.53	+0.28
März 4	12 52 10	+42.49	+25.36	+ 17.13	+ 16.80	−0.33	− 0.86	+25.59	−26.45	−26.77	−0.32
9	12 32 42	−27.24	−22.63	− 4.61	− 4.76	−0.15	−11.10	+25.98	−37.07	−36.89	+0.18

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1910		de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r	1911		de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r
Juli	17	8.3543_n	1.7530_n	0.9790	+0″153	Aug.	15	1.6153_n	1.4175	1.0705	−0″006
Sept.	10	1.4112	1.1267	1.6430	+0.008		20	1.6104	1.8226	1.8166	+0.178
	25	1.0314	1.8524	1.9850_n	−0.155		29	1.2801	1.7951	1.0582	−0.180
Okt.	2	1.0731_n	1.7703_n	1.8861	+0.003	Sept.	1	1.5881_n	1.8937_n	1.7141	+0.040
	9	1.3856	1.5574	1.5742_n	−0.109		19	1.6633	1.9140_n	1.0394	+0.100
Nov.	1	1.4287_n	1.0992_n	1.6633_n	−0.230	Okt.	3	1.3715_n	1.7891_n	2.0174	+0.111
	11	1.4593_n	1.9425_n	1.6436_n	−0.104		20	1.5040_n	1.8550_n	1.1401_n	−0.090
	29	1.3998	1.9280_n	1.3845	−0.371		27	1.6822	1.9144	1.6582	−0.052
Dez.	13	1.6637_n	1.9044_n	1.2127	−0.151	Dez.	19	1.6832	1.7004_n	1.8329	+0.008
	20	9.2803_n	1.8221	0.6215_n	−0.030	1912					
1911						Jan.	30	9.4417	1.8594	1.9048	−0.314
Jan.	10	1.5112_n	0.3351	2.0500	−0.119	März	4	9.7305	1.8554_n	1.2252	−0.303
							9	1.5076	1.8573_n	0.6779_n	+0.019

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1910		de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	r
Juli	17	1.1254_n	1.2109_n	1.2507_n	1.5223	1.3812	1.6352	1.7742	+0″102
Sept.	10	1.0889_n	1.4118_n	0.6233_n	1.6501	0.8220_n	1.9062	0.7598_n	+0.062
	25	1.1582_n	1.1732	1.2488	1.6580	0.8738	1.6050_n	1.8508_n	+0.120
Okt.	2	0.5738	1.2853_n	0.5317_n	1.4372_n	1.5749	1.7442	1.7918	+0.320
	9	1.1018	1.3753	0.6434	1.4773_n	1.5545_n	1.8588_n	1.6243_n	+0.108
Nov.	1	1.0730	1.3976	0.6359	1.0575_n	1.0999	1.0250_n	0.2092	−0.122
	11	1.0493_n	0.0797	1.2185_n	1.4580	1.5707	1.1801_n	1.9178	+0.425
	29	1.0556	0.0571	1.4079_n	1.5133_n	1.5179_n	1.4387_n	1.8036	−0.203
Dez.	13	0.4700_n	0.8698_n	0.9830_n	0.0413	1.0584	1.1522	1.9044	+0.040
	20	1.1055	1.1427	1.2660	1.0465_n	0.9109_n	1.5898_n	1.8485_n	+0.109
1911									
Jan.	10	0.9336	1.3437_n	0.9500	1.5258_n	1.4401	1.8871	0.9500	−0.286

1911		$d\varepsilon_1$	$d\varepsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$d(\gamma \cos\theta_0)_2$	v
Aug.	15	0.8200	1.4505_n	1.3892	1.3632	.1.5372	1.7750	1.6447_n	+0".092
	20	0.8671	1.2400_n	0.9870	1.6187_n	0.6787$_n$	1.3378	1.8547_n	−0.020
	29	1.1988_n	1.3054_n	1.2202	0.6205	1.6265_n	1.4632	1.8467_n	−0.049
Sept.	1	0.9782	0.9993_n	1.2066_n	1.2940	1.5791	1.6617	1.7867	−0.332
	10	0.6550_n	0.9367_n	1.6738_n	1.5232_n	1.4603_n	1.6454	1.8156	+0.054
Okt.	3	1.2000	1.3595_n	1.1780_n	0.5853	1.6522	1.8505	1.5625	−0.136
	20	1.1427	1.2794	1.1762_n	1.1614	1.6394	1.4117_n	1.8923	+0.070
	27	0.6453	1.0896_n	1.0978	1.6611_n	0.7440_n	0.8685	1.9151_n	+0.040
Dez.	19	0.1036	1.3551_n	1.3621_n	1.6491_n	0.9020_n	1.8574	1.5698	+0.156
1912									
Jan.	30	1.2001	1.0959_n	1.3897	0.7057_n	1.6218	1.1619	1.8692_n	+0.187
März	4	1.1884	0.9643	1.4276_n	0.9804	1.5975	0.3140_n	1.8501	−0.208
	9	0.9980_n	0.9174_n	1.5670_n	1.4979_n	1.3705_n	1.6142	1.7556	+0.352

Normalgleichungen.

	$d\varepsilon_1$	$-d\varepsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin\theta_0)_1$	$d(\gamma \cos\theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_0)_2$	n
$d\varepsilon_1$	2.640	+1.444	−0.457	−0.385	+0.284	−0.168	+0.020	−0.898
$-d\varepsilon_2$		10.251	−0.896	−0.017	−0.263	−1.867	−0.069	+0.192
$\frac{da}{a}$			8.707	+0.243	+0.009	−0.681	−2.528	+1.510
$d(\gamma \sin\theta_0)_1$				2.209	+0.647	+0.230	+0.340	+0.224
$d(\gamma \cos\theta_0)_1$					2.208	+0.949	+1.556	−0.121
$-d(\gamma \sin\theta_0)_2$						5.596	+1.579	−0.901
$-d(\gamma \cos\theta_0)_2$							8.816	−1.390

Auflösung Tethys-Rhea 1910–1912.

Mittlere Epoche 1911.353.

Korrektionen:

	Tethys	Rhea		Tethys	w. F.	Rhea	w. F.
$\log de$	7.5718_n	6.7845_n	de	−12!83	±3!01	−2!09	±1!54
$\log d(\gamma \sin\theta_0)$	6.1948	7.1031	$d(\gamma \sin\theta_0)$	+ 0".54	±3.20	+4.36	±2.09
$\log d(\gamma \cos\theta_0)$	7.1432	7.1017	$d(\gamma \cos\theta_0)$	+ 4.78	±3.57	+4.35	±1.74
$\log \frac{da}{a}$		7.0531					

(nn) 2.289

$(vr)_x$ 0.617

$(vr)_y$ 0.880

(vv) 1.497

Epoche von θ 1911 Jan. 0.0.

$\frac{da}{a}$ +0.00113 ±0.00048

Anzahl der Gl. 46

Summe der Gew. 46

Korrigierte Elemente: w. F. einer Gl. ±0".132

1911 April 0.0	l	190° 8!3	±3!0	148° 31!2	±1!5	
	a	—	—	76".256	±0".037	
Ep. 1911.181	Ω	169° 12!81	±7!40	168° 50!14	±4!13	
	i	27 11.31	±3.41	27 57.72	±1.91	

Tethys-Rhea 1912—1914.

1912	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. $\partial p'$	Zahl der Einst. in s	p	Bemerkungen
Aug. 13	$16^h\ 2^m 34^s$	34.″13	$+3^m.75$	225° 38.′4	−13.′0	8	5	
20	15 12 9	29.29	4.15	68 17.4	+ 6.0	8	5	
24	13 57 8	77.78	4.47	101 44.4	−10.6	9	5	
Sept. 1	13 41 34	66.38	5.08	123 34.8	−25.8	8	5	
7	13 29 34	103.94	4.92	68 13.8	−15.3	8	5	
21	13 43 52	30.53	4.50	326 31.8	−23.7	8	5	
Okt. 12	15 25 32	68.53	4.98	132 53.4	−34.2	8	6	
15	16 14 50	110.67	4.32	272 47.4	− 8.9	8	5	
29	11 39 44	109.85	4.72	247 41.4	−14.9	8	5	Im A. J. sind die Zeiten für p und s fehlerhaft[1].
Nov. 9	13 26 20	36.80	4.33	73 45.6	+ 4.2	8	5	
10	12 10 56	60.02	4.58	47 22.8	−26.4	8	5	
15	11 20 46	86.31	4.95	275 13.2	− 9.0	8	5	
16	9 53 34	53.04	4.53	270 0.6	− 2.1	8	5	
24	9 47 48	96.73	5.32	295 59.4	−22.7	8	5	
Dez. 8	11 55 22	56.77	3.72	259 50.4	− 3.3	8	5	
21	9 30 11	56.48	4.40	281 34.8	− 6.2	8	5	Korr. in p −1°.
31	10 52 58	36.11	3.95	255 24.6	+ 3.8	8	5	
1913								
Jan. 4	10 41 11	55.21	5.08	301 21.0	−20.4	8	6	
12	11 32 40	48.84	5.33	340 3.6	−56.7	9	5	
28	7 26 59	53.59	3.77	191 7.2	−43.5	8	5	Irrtümlich im A. J. unter Tethys-Dione publiziert.
Febr. 1	9 45 48	34.01	4.93	208 6.6	−34.5	8	5	
4	6 15 36	59.45	4.78	309 1.2	−28.5	8	5	
9	9 24 32	56.16	4.55	311 10.2	−28.9	8	5	
11	6 24 36	50.82	4.67	104 49.2	− 8.0	8	5	
März 18	6 57 40	87.66	4.57	249 30.6	−13.2	8	5	
1913								
Sept. 2	15 54 58	61.33	5.05	143 13.2	−43.4	8	5	Korr. in p −1°.
9	15 47 52	77.88	5.08	284 46.2	−14.9	8	5	
27	13 57 0	52.38	4.75	30 10.8	−35.2	8	5	
Okt. 11	13 50 5	112.69	6.73	281 44.4	−19.5	8	5	
Nov. 1	13 26 28	44.36	3.25	92 45.6	+ 0.4	8	5	
11	11 9 0	44.63	4.32	60 28.8	− 7.1	8	5	
23	12 31 38	80.23	5.25	87 26.4	− 8.5	8	5	
Dez. 7	11 5 29	53.84	5.32	107 12.0	− 6.1	8	5	
13	10 24 1	27.85	3.88	297 29.4	+ 6.0	8	5	
16	9 50 15	59.43	4.85	76 57.0	− 5.3	8	5	
21	14 4 21	117.42	6.00	67 11.4	−18.7	8	5	Druckfehler im A. J. $s = 117.″42$ statt $17.″42$.
30	9 56 33	87.60	6.67	90 22.8	−12.4	8	5	
1914								
Jan. 17	10 56 58	66.40	7.33	55 54.0	−29.1	8	5	Korr. in p +1°.
24	10 24 22	27.66	6.03	220 41.4	− 7.7	8	5	
Febr. 7	9 48 32	73.11	5.63	244 30.6	−16.4	8	5	

Die im Astr. Journal angegebene Beobachtung Tethys-Rhea 1913 Jan. 18 gehört zu Dione—Rhea.

[1] Beobachtungszeit von p statt $11^h 25^m 1^s$ muß es heißen $11^h 35^m 1^s$.
" " s " 13 39 44 " " 11 39 44.

Beobachtung — Rechnung.

1912		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Aug.	13	21h39m19s	+42″05	+67″55	− 25″50	− 25″59	−0″09	− 6″08	+16″53	−22″61	−22″58	+0″03
	20	20 49 51	−27.82	−55.84	+ 28.02	+ 27.79	−0.23	−14.53	−23.52	+ 8.99	+ 9.25	+0.26
	24	19 35 32	− 4.67	−80.08	+ 75.41	+ 75.21	−0.20	−19.15	+ 0.42	−19.57	−19.85	−0.28
Sept.	1	19 20 55	+44.33	− 8.87	+ 53.20	+ 53.43	+0.23	− 4.95	+33.99	−38.94	−39.40	−0.46
	7	19 9 43	+29.56	−68.37	+ 97.93	+ 98.42	+0.49	+14.78	−18.85	+33.63	+33.42	−0.21
	21	19 25 51	−43.73	−28.56	− 15.17	− 15.54	−0.37	− 6.96	−33.13	+26.17	+26.28	+0.11
Okt.	12	21 9 52	− 7.70	−56.10	+ 48.40	+ 48.02	−0.38	−20.63	+28.66	−48.69	−48.89	−0.20
	15	21 59 26	−24.25	+85.54	−109.79	−110.10	−0.31	+18.64	+ 7.27	+11.37	+11.21	−0.16
	29	17 25 22	−29.10	+74.10	−103.20	−103.56	−0.36	−16.89	+20.02	−36.91	−36.66	+0.25
Nov.	9	19 12 30	−49.67	−85.62	+ 35.95	+ 35.83	−0.12	− 1.92	−10.38	+ 8.46	+ 8.41	−0.05
	10	17 57 8	+49.61	+ 3.86	+ 45.75	+ 45.90	+0.15	+ 2.22	−36.93	+39.15	+38.67	−0.48
	15	17 7 5	−28.80	+55.91	− 84.71	− 85.48	(−0.77)	−17.16	−29.09	+11.93	+11.96	(+0.03)
	16	15 39 54	+29.36	+82.26	− 52.90	− 52.97	−0.07	+16.99	+14.42	+ 2.57	+ 2.65	+0.08
	24	15 34 10	−38.29	+46.82	− 85.11	− 85.08	+0.03	+14.28	−31.59	+45.87	+46.03	+0.16
Dez.	8	17 41 25	+30.44	+86.42	− 55.98	− 56.28	−0.30	−17.13	− 9.53	− 7.60	− 7.47	+0.13
	21	15 15 30	−18.28	+36.28	− 54.56	− 54.80	−0.24	−19.14	−32.81	+13.67	+13.68	+0.01
	31	16 37 26	+48.48	+83.82	− 35.34	− 35.31	+0.03	+ 1.85	+ 9.59	− 7.74	− 7.54	+0.20
1913												
Jan.	4	16 25 16	+32.42	+78.40	− 45.98	− 46.06	−0.08	+14.84	−15.36	+30.20	+30.44	+0.24
	12	17 15 54	−37.11	−21.85	− 15.26	− 15.48	−0.22	+13.20	−33.40	+46.60	+46.32	−0.28
	28	13 8 16	+ 7.57	+19.02	− 11.45	− 11.84	−0.39	−19.50	+32.81	−52.31	−52.27	+0.04
Febr.	1	15 26 33	+43.63	+60.37	− 16.74	− 16.96	−0.22	− 7.00	+22.74	−29.74	−29.48	+0.26
	4	11 55 58	−44.41	+ 0.88	− 45.29	− 44.92	+0.37	+ 5.62	−33.38	+39.00	+38.94	−0.06
	9	15 4 12	+20.77	+61.94	− 41.17	− 41.02	+0.15	+17.01	−21.80	+38.81	+38.36	−0.45
	11	12 4 1	+22.46	−26.14	+ 48.60	+ 48.58	−0.02	+16.54	+31.40	−14.86	−14.93	−0.07
März	18	12 32 25	−10.01	+73.03	− 83.04	− 83.34	−0.30	−17.94	+ 9.15	−27.09	−27.17	−0.08
1913												
Sept.	2	21 32 53	+25.71	− 7.17	+ 32.88	+ 33.06	+0.18	−16.55	+35.27	−51.82	−51.66	+0.16
	9	21 26 44	−42.70	+30.65	− 73.35	− 73.44	−0.09	− 7.09	−33.29	+26.20	+25.92	−0.28
	27	19 38 18	+44.69	+14.93	+ 29.76	+ 29.71	−0.05	+ 6.58	−36.45	+43.03	+43.14	+0.11
Okt.	11	19 33 8	−46.40	+61.33	−107.73	−108.13	−0.40	+ 4.86	−26.71	+31.57	+31.74	+0.17
Nov.	1	19 11 41	−43.28	−87.14	+ 43.86	+ 43.97	+0.11	−11.27	− 5.67	− 5.60	− 5.88	−0.28
	11	6 54 57	+23.58	−16.94	+ 40.52	+ 40.50	−0.02	−19.80	−38.61	+18.81	+18.76	−0.05
	23	18 18 9	+ 9.94	−69.85	+ 79.79	+ 80.18	+0.39	+22.60	+25.42	− 2.82	− 2.77	+0.05
Dez.	7	16 52 14	−39.63	−89.62	+ 49.99	+ 50.04	+0.05	−14.69	+ 5.25	−19.94	−19.86	+0.08
	13	16 10 42	+ 6.58	+30.07	− 23.49	− 23.60	−0.11	−22.67	−37.66	+14.99	+14.79	−0.20
	16	15 36 52	−29.17	−87.78	+ 58.61	+ 58.75	+0.14	+18.35	+ 9.43	+ 8.92	+ 8.96	+0.04
	21	19 50 49	+42.17	−68.03	+111.10	+111.22	+0.12	+12.92	−25.07	+37.99	+37.65	−0.34
	30	15 42 34	+ 6.15	−81.48	+ 87.63	+ 87.33	−0.30	−22.44	−15.66	− 6.78	− 6.90	−0.12
1914												
Jan.	17	16 41 32	−23.41	−80.48	+ 57.07	+ 57.29	+0.22	+19.18	−14.62	+33.80	+33.56	−0.24
	24	16 8 12	+47.71	+67.00	− 19.29	− 19.47	−0.18	+ 4.18	+23.80	−19.62	−19.64	−0.02
Febr.	7	15 30 42	−42.64	+24.51	− 67.15	− 67.97	−0.82	+ 8.67	+35.59	−26.92	−26.92	0.00

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1912		$e_2 \sin \pi_2$	$e_2 \cos \pi_2$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r	1912		$e_2 \sin \pi_2$	$e_2 \cos \pi_2$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r
Aug.	13	1.2654_n	2.0136_n	1.1008	1.6028_n	1.4081_n	+0″062	Sept.	7	1.3066_n	2.0495_n	1.5461_n	1.6583	1.9931	+0″240
	20	1.3882_n	2.0927_n	1.5398	1.7526	1.4439	−0.121		21	1.7358_n	2.1806_n	1.2431	1.8989	1.1914_n	−0.234
	24	1.5996_n	1.8420_n	1.6485	9.3540_n	1.8763	−0.138	Okt.	12	2.0131_n	2.0066_n	1.6819	1.8239_n	1.6815	−0.212
Sept.	1½	1.9432_n	2.1335_n	0.9970	1.9074_n	1.7278	+0.274		15	1.4301_n	1.9497_n	1.6281_n	1.2618_n	2.0418	−0.207

1912		$e_2 \sin \pi_2$	$e_2 \cos \pi_2$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Okt.	29	1.1886_n	2.0858_n	1.6043	1.6900_n	2.0152_n	+0".032
Nov.	9	1.2862_n	1.9924_n	0.7762	1.4145	1.5542	−0.121
	10	1.9038_n	2.2038_n	0.8239_n	1.9514	1.6619	+0.104
	15	2.0014_n	2.0521_n	1.6133	1.8456	1.9316_n	(−0.441)
	16	1.1354_n	2.0344_n	1.6094_n	1.5542_n	1.7241_n	−0.049
	24	1.9962_n	2.0995_n	1.5113_n	1.8840	1.9298_n	+0.117
Dez.	8	1.7493_n	1.9013_n	1.5975	1.3531	1.7503_n	−0.032
	21	1.9476_n	2.1439_n	1.6617	1.9060	1.7388_n	+0.058
	31	1.0073_n	1.9848_n	0.7573_n	1.3894_n	1.5479_n	+0.128
1913							
Jan.	4	1.8220_n	1.9313_n	1.5580_n	1.5710	1.6634_n	−0.084
	12	1.5397_n	2.2138_n	1.4824_n	1.9185	1.1898_n	−0.243
	28	1.5344_n	2.2043_n	1.6030	1.9100_n	1.0735_n	−0.105
Febr.	1	9.7643	2.1091_n	1.1906	1.7539_n	1.2294_n	−0.058
	$4\frac{1}{2}$	1.7238_n	2.1930_n	1.0875_n	1.9157	1.6524_n	+0.458
	$9\frac{1}{2}$	1.8751_n	1.9889_n	1.6089_n	1.7253	1.6130_n	+0.123
	11	1.8589_n	2.1416_n	1.5971_n	1.8867_n	1.6864	−0.130
März	18	0.8759_n	1.9334_n	1.6190	1.3581_n	1.9209_n	+0.032

1913		$e_2 \sin \pi_2$	$e_2 \cos \pi_2$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Sept.	$2\frac{1}{2}$	1.9004_n	2.0981_n	1.5611	1.8999_n	1.5193	+0".350
	9	2.0421_n	2.0230_n	1.1665	1.8732	1.8659_n	+0.126
	27	2.0307_n	2.0973_n	1.1284_n	1.9142	1.4730	−0.101
Okt.	11	2.0332_n	1.9004_n	1.0647_n	1.7753	2.0339_n	−0.218
Nov.	1	1.5867_n	1.9184_n	1.3742	1.1413	1.6431	+0.154
	11	1.9056_n	2.1942_n	1.6428	1.9422	1.6074	+0.111
	23	2.0129_n	1.9267_n	1.6931_n	1.7538_n	1.9041	+0.164
Dez.	7	1.7386_n	1.8703_n	1.4949	1.0358_n	1.6993	+0.115
	13	2.0313_n	2.1307_n	1.6989	1.9294	1.3729_n	+0.147
	16	1.7985_n	1.8667_n	1.6137_n	1.3087_n	1.7690	−0.046
	21	1.3168_n	2.1228_n	1.4367_n	1.7607	2.0462	−0.119
	30	1.2540_n	2.0328_n	1.6949	1.5617	1.0412	−0.248
1914							
Jan.	17	1.1792_n	2.0186_n	1.6325_n	1.5326	1.7581	+0.017
	24	1.1106_n	2.1062_n	0.8971_n	1.7382_n	1.2894_n	−0.091
Febr.	$7\frac{1}{2}$	1.6582_n	2.1963_n	1.3082_n	1.9078_n	1.8264_n	+0.269

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1912		$e_2 \sin \pi_2$	$e_2 \cos \pi_2$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Aug.	13	1.6360_n	1.6128	1.2501	1.4559	1.3538_n	1.5767_n	1.1004_n	1.6324_n	1.7543	−0".027
	20	1.5496_n	1.5957	1.0712_n	1.3737_n	0.9662	1.4014	1.4969_n	1.4272	1.8252_n	+0.335
	24	1.7711_n	1.5243	0.2964_n	1.5305_n	1.2977_n	0.5406	1.6062_n	1.8247	1.4515_n	−0.196
Sept.	$1\frac{1}{2}$	1.5068_n	1.1469	1.2738	0.5749_n	1.5955_n	1.6079_n	0.8446_n	1.5642	1.8051	−0.468
	7	1.6359_n	1.6348	1.0979	1.4620_n	1.5240	1.3874_n	1.5277	1.6012	1.7979_n	−0.091
	21	1.4633_n	1.4684	1.2673_n	1.0823_n	1.4196	1.5729	1.3130_n	0.7707_n	1.8812_n	+0.154
Okt.	12	1.7348_n	0.9328	0.5107_n	1.3734_n	1.6892_n	0.0225_n	1.6449_n	1.8523	1.5363	−0.193
	15	1.7789_n	1.6059	1.0087_n	1.5562	1.0466	1.4607	1.5274	1.8068_n	1.6702	−0.315
	29	1.6873_n	1.6392	1.0857_n	1.4916	1.5642_n	1.2497	1.6173_n	1.6434_n	1.8301	+0.099
Nov.	9	1.7783_n	1.6031	1.3159_n	1.5524_n	0.9248	1.6285	1.2085_n	1.7962	1.7160_n	−0.017
	$10\frac{1}{2}$	1.5369_n	1.1631	1.3152	0.2061	1.5874	1.6261_n	1.2266	1.5409_n	1.8667_n	−0.334
	15	1.7371_n	0.7201	1.0789_n	1.3661	1.0779	1.2013	1.6309_n	1.8536_n	1.5958_n	(+0.032)
	16	1.7529_n	1.6136	1.0861	1.5586	0.4232	1.2146_n	1.6293	1.7537_n	1.7686	−0.020
	24	1.6982_n	0.5959	1.2000_n	1.2873	1.6630	1.6184	1.2801	1.8167_n	1.6878_n	+0.136
Dez.	8	1.8404_n	1.2696	1.0977	1.5509	0.8731_n	1.5700_n	1.4196_n	1.9079_n	0.9600	+0.132
	21	1.6467_n	0.3872	0.8742_n	1.1720	1.1361	0.3629	1.6532_n	1.7531_n	1.7582_n	+0.059
	31	1.7860_n	1.5119	1.2967	1.5345	0.8776_n	1.5993_n	1.3040	1.8074_n	1.6745	+0.159
1913											
Jan.	4	1.8143_n	0.9442	1.1217	1.5052	1.4834	1.2039_n	1.6163	1.8969_n	0.8765_n	+0.246
	12	1.5096_n	1.3096	1.1801_n	0.9501_n	1.6658	1.6212	1.1142	0.8411_n	1.8919_n	−0.238
	28	1.4996_n	1.2693	0.4903	0.8904	1.7182_n	1.3799_n	1.5463_n	0.9554	1.8789	−0.039
Febr.	1	1.6416_n	1.5117	1.2513	1.3923	1.4695_n	1.6234_n	0.6570	1.5312_n	1.8296	+0.210
	$4\frac{1}{2}$	1.5062_n	1.0138	1.2593_n	9.5547	1.5904	1.6156	0.9029_n	1.4259_n	1.8467_n	−0.040
	$9\frac{1}{2}$	1.7421_n	0.9957	0.9300	1.4045	1.5839	0.4449	1.6194	1.8442_n	1.4103_n	−0.426
	11	1.5811_n	0.3027	0.9642	1.0301_n	1.1741_n	0.0858_n	1.6176	1.6714	1.7595	−0.102
März	18	1.7364_n	1.4643	0.6215_n	1.4846	1.4341_n	1.1890_n	1.5521_n	1.7209_n	1.6575	−0.176
1913											
Sept.	$2\frac{1}{2}$	1.4917_n	1.2585	1.0587	0.5041_n	1.7131_n	1.5115_n	1.3653	1.7558	1.6337	+0.203
	9	1.6106_n	1.1343	1.2789_n	1.1349	1.4136	1.1606_n	1.5768_n	1.8337_n	1.3800_n	−0.364

1913	$e_2 \sin \pi_2$	$e_2 \cos \pi_2$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Sept. 27	1.5435$_n$	1.2284	1.2982	0.8222	1.6349	1.2086	1.5860	1.8088$_n$	1.5792$_n$	+0".188
Okt. 11	1.7635$_n$	1.2425	1.3141$_n$	1.4353	1.5016	0.6043	1.6301$_n$	1.8826$_n$	0.8431	+0.004
Nov. 1½	1.7858$_n$	1.6797	1.2834$_n$	1.5873$_n$	0.7695$_n$	1.4589$_n$	1.5259$_n$	1.6216	1.8267$_n$	−0.210
11	1.4846$_n$	1.4521	1.0105	0.8759$_n$	1.2732	1.5250$_n$	1.4710	1.6884$_n$	1.8013$_n$	+0.076
23	1.8113$_n$	1.2200	0.6439	1.4909$_n$	0.4432$_n$	1.6535	0.4033$_n$	1.9015	1.0922$_n$	+0.125
Dez. 7	1.8532$_n$	1.5470	1.2444$_n$	1.5988$_n$	1.2981$_n$	1.5655$_n$	1.4211$_n$	1.7920	1.7169$_n$	+0.159
13	1.6521$_n$	1.0240	0.4645	1.1244	1.1701	1.6151$_n$	1.2685	1.8686$_n$	1.5158$_n$	−0.159
16	1.8600$_n$	1.4719	1.1112$_n$	1.5897$_n$	0.9521	1.4400	1.5540$_n$	1.8293	1.6474$_n$	+0.084
21	1.6676$_n$	1.6724	1.2712	1.4846$_n$	1.5757	1.5416	1.4567	0.7515	1.9050$_n$	−0.164
30	1.7614$_n$	1.6045	0.4351	1.5572$_n$	0.8391$_n$	1.6054$_n$	1.2887	1.4442	1.8754$_n$	+0.054
1914										
Jan. 17	1.7673$_n$	1.6372	1.0155$_n$	1.5518$_n$	1.5259	1.4526	1.5239$_n$	1.4714	1.8007$_n$	−0.186
24	1.6775$_n$	1.6331	1.3249	1.4724	1.2932$_n$	1.3556	1.5677	0.9113$_n$	1.8873	−0.079
Febr. 7½	1.5146$_n$	1.4192	1.2766$_n$	1.0361	1.4241$_n$	9.8148	1.6268$_n$	1.5496	1.8257	+0.193

Normalgleichungen.

	$-e_2 \sin \pi_2$	$-e_2 \cos \pi_2$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n
$-e_2 \sin \pi_2$	23.645	+17.189	−0.664	−4.662	−0.028	+0.276	+0.742	+1.618	+1.683	+1.552
$-e_2 \cos \pi_2$		53.587	−1.701	−6.775	+0.466	−0.113	−0.301	−0.356	−1.019	+2.998
$d\epsilon_1$			4.982	+0.503	−0.470	−0.694	+0.972	−0.484	+0.950	−1.638
$-d\epsilon_2$				15.165	−0.418	−0.696	+0.577	−4.303	+3.230	+0.614
$\frac{da}{a}$					16.740	+1.198	+1.027	−1.927	−4.053	+2.187
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						3.167	−0.230	+1.299	−1.645	+0.004
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							3.523	−1.317	+0.232	−0.190
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								10.366	−1.397	−0.664
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									11.036	+1.375

Auflösung Tethys-Rhea 1912—1914.

Korrektionen: Mittlere Epoche 1913.282.

	Tethys	Rhea		Tethys	w. F.	Rhea	w. F.
$\log e \sin \pi$	—	6.2370$_n$	$e \sin \pi$	—	—	−0.00017	±0.00030
$\log e \cos \pi$	—	6.6685$_n$	$e \cos \pi$	—	—	−0.00047	±0.00019
$\log d\epsilon$	7.5236$_n$	6.5714$_n$	$d\epsilon$	−11'.48	±2'.00	−1'.28	±1'.26
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.3611$_n$	5.8538	$d(\gamma \sin \theta_0)$	− 0.79	±2.58	+0.25	±1.50
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	6.5506$_n$	7.3102$_n$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	− 1.22	±2.41	−7.02	±1.76

$\log \frac{da}{a}$ 7.2391

(nn) 3.510

$(vv)_x$ 0.907

$(vv)_y$ 1.234

(vv) 2.141

Anzahl der Gl. 80

Summe der Gew. 72

w. F. einer Gl. ±0".123

Epoche von π. θ 1913 Jan. o.o.

$\frac{da}{a}$ +0.00173 ±0.00033

Korrigierte Elemente:

1913 April 0.0	l	270° 10'.1	±2'.0	81° 59'.3	±1'.3
	a	—	—	76".302	±0".025
	e	—	—	0.00050	—
	π	—	—	202°.7	—
Ep. 1913.282	Ω	168° 18'.27	±5'.13	169° 9'.62	±3'.16
	i	29 8.21	±2.50	27 53.32	±1.48

Dione-Rhea 1910 - 1912.

1910	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Juli 17	$15^h52^m26^s$	70.″98	$+4^m.77$	91°11.4	− 5.″6	8	5	
26	15 27 57	17.66	4.72	202 19.2	−44.2	8	5	
Aug. 2	15 7 47	19.68	4.70	331 18.6	−40.6	8	5	
9	15 18 25	33.09	5.13	120 36.6	−18.7	8	5	
Sept. 10	13 51 20	81.62	6.13	74 15.0	−13.4	8	5	
27	12 19 0	48.01	4.57	240 23.4	−14.2	8	5	
Okt. 2	11 40 54	54.87	5.00	89 10.8	− 4.8	8	5	
7	13 55 18	129.71	4.47	83 49.8	− 6.4	8	5	
9	11 58 2	48.74	4.12	263 46.8	− 4.1	4	5	
16	11 25 17	40.50	4.43	77 52.8	− 5.5	10	5	
18	11 37 44	40.97	4.90	307 42.6	−26.9	8	5	
23	11 13 23	30.00	5.15	250 28.8	− 8.8	8	5	
30	10 30 53	19.87	4.65	53 16.2	−17.1	8	5	
Nov. 11	11 26 42	55.81	4.45	130 46.2	−30.4	8	5	
24	9 30 52	118.90	5.03	258 40.8	− 9.1	9	5	
29	10 37 10	77.86	4.25	257 13.8	− 8.1	8	5	
Dez. 11	9 21 49	29.77	5.70	275 37.8	− 0.7	10	5	
13	8 19 24	41.66	4.68	232 59.4	−29.9	8	5	
1911								
Jan. 3	10 42 49	82.07	4.50	284 45.0	− 8.6	8	5	
8	9 55 32	20.10	4.10	262 2.4	+ 3.0	8	6	
1911								
Aug. 20	15 41 10	101.58	6.00	79 31.2	−10.8	8	5	
Sept. 1	14 49 54	0.34	3.88	150 20.4	+10.3	8	5	
3	15 10 45	60.30	4.72	56 15.0	−20.3	8	5	
19	15 27 55	83.01	3.68	120 40.8	−24.5	8	5	
Okt. 27	12 54 50	34.66	3.78	78 24.0	− 2.9	8	5	
Dez. 19	8 7 50	124.42	4.38	95 30.0	− 0.8	8	5	
1912								
Jan. 30	7 12 45	38.70	5.00	350 24.0	−04.7	8	5	
Febr. 3	7 10 34	107.50	5.35	92 28.2	− 7.9	8	5	
19	6 51 10	93.25	4.13	248 32.4	−11.7	8	5	Im A. J. unter Tethys-Rhea veröffentlicht.
März 9	6 51 10	43.10	3.92	203 18.6	−38.7	8	5	

Beobachtung Rechnung.

1910	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ u	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ u
Juli 17	$21^h27^m55^s$	+17.″80	−53.″23	+ 71.″03	+ 70.″97	−0.″06	+16.″19	+16.″00	− 0.″80	− 0.″05	−0.″15
26	21 4 39	−55.79	−49.43	− 6.36	− 6.42	−0.06	+ 2.37	+18.00	−10.23	−10.45	−0.22
Aug. 2	20 45 27	+55.74	+65.51	− 9.77	− 9.72	+0.05	+ 3.41	−13.75	+17.16	+17.11	−0.05
9	20 57 2	−48.68	−77.30	+ 28.62	+ 28.64	+0.02	− 0.66	+ 6.85	−10.51	−10.58	−0.07
Sept. 10	10 33 52	− 4.99	−83.70	+ 78.71	+ 78.37	(−0.34)	+18.07	− 3.18	+22.15	+22.82	(+0.67)
27	18 3 0	−59.56	−15.37	− 44.19	− 44.33	−0.14	+ 5.46	+25.31	−19.85	−19.94	−0.09
Okt. 2	17 25 14	− 8.56	−63.02	+ 55.06	+ 54.86	−0.20	+18.58	+17.54	+ 1.04	+ 1.25	+0.21
7	16 30 55	+41.74	−87.36	+129.10	+128.81	−0.29	+ 13.91	− 1.40	+15.31	+15.19	−0.12
9	17 42 45	+31.60	+80.12	− 48.52	− 48.40	+0.12	−10.08	−10.31	− 5.77	− 5.73	+0.04
16	17 10 14	−47.52	−87.20	+ 39.68	+ 39.50	−0.18	+12.19	+ 3.21	+ 8.98	+ 8.93	−0.05
18	17 22 44	+45.77	+78.32	− 32.55	− 32.84	−0.29	+12.60	−11.40	+24.15	+24.49	+0.34

1910	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Okt. 23	$16^h 58^m 27^s$	+58.″71	+86.″62	− 27.″91	− 28.″14	(−0.″23)	− 6.″58	+ 4.″55	−11.″13	−10.″39	(+0.″74)
30	16 15 56	−63.06	−78.82	+ 15.76	+ 15.73	−0.03	+ 1.15	−11.07	+12.22	+12.14	−0.08
Nov. 11	17 11 28	+48.48	+ 4.99	+ 43.49	+ 43.07	−0.42	−11.22	+24.21	−35.43	−35.49	−0.06
24	15 14 54	−47.06	+69.17	−116.23	−116.15	+0.08	−11.29	+14.25	−25.54	−25.43	+0.11
29	16 21 9	−59.81	+15.65	− 75.46	− 75.61	−0.15	+ 4.40	+22.92	−18.52	−18.59	−0.07
Dez. 11	15 4 21	+27.37	+56.94	− 29.61	− 29.07	−0.06	−14.82	−16.82	+ 2.00	+ 2.41	+0.41
13	14 1 43	−58.84	−26.36	− 32.48	− 32.60	−0.12	− 4.11	+21.50	−25.61	−25.93	−0.32
1911											
Jan. 3	16 22 35	− 0.10	+80.44	− 80.54	− 80.65	−0.11	+15.96	− 3.84	+19.80	+19.49	−0.31
8	15 34 39	+53.22	+73.10	− 19.88	− 10.95	−0.07	+ 6.23	+ 9.36	− 3.13	− 3.14	−0.01
1911											
Aug. 20	21 20 13	+53.54	−46.58	+100.12	+100.28	+0.16	− 8.20	−24.52	+16.32	+16.22	−0.10
Sept. 1	20 30 27	−22.15	−25.76	+ 3.61	+ 3.48	−0.13	+20.75	+29.32	− 8.57	− 8.67	−0.10
3	20 51 33	+56.71	− 1.86	+ 58.57	+ 58.44	−0.13	+ 6.48	−30.87	+37.35	+37.35	0.00
19	21 10 39	+48.73	−22.17	+ 70.90	+ 70.99	+0.09	−13.72	+30.55	−44.27	−44.17	+0.10
Okt. 27	18 40 26	− 0.04	−34.31	+ 34.27	+ 34.08	−0.19	−23.26	−20.43	+ 6.17	+ 6.30	+0.13
Dez. 19	13 51 40	+58.41	−65.10	+123.51	+123.72	+0.21	+ 7.10	+19.82	−12.72	−13.19	−0.47
1912											
Jan. 30	12 51 28	−43.46	−30.62	− 6.84	− 6.77	+0.07	+13.39	−24.79	+38.18	+38.16	−0.02
Febr. 3	12 57 44	+32.79	−74.18	+106.97	+107.35	(+0.38)	−10.55	−10.23	− 6.32	− 5.58	(+0.74)
19	12 27 9	−22.69	+64.09	− 86.78	− 87.10	−0.32	−18.21	+15.37	−33.58	−33.29	+0.29
März 9	12 24 52	−39.22	−22.09	− 17.13	− 17.28	−0.15	−13.62	+26.05	−39.67	−39.58	+0.09

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1910	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	de_2	$\frac{du}{a}$	v
Juli 17	0.6468_n	2.0260_n	1.7192_n	1.7483_n	1.8511	+0.″090
26	1.2679_n	1.7380_n	0.8822_n	1.7853_n	0.8074_n	+0.029
Aug. 2	9.7241_n	1.7773_n	1.0390_n	1.6527	0.9878_n	+0.083
9	1.0894	1.8910_n	1.4900	1.3499_n	1.4569	+0.101
Sept. 10	1.3114_n	2.0779_n	1.7828_n	1.1538	1.8941	(−0.225)
27	1.3649_n	1.8174_n	1.2505_n	1.9314_n	1.0467_n	−0.019
Okt. 2	1.2506_n	2.0890_n	1.7914_n	1.7751_n	1.7392	−0.032
7	1.3981	1.9961_n	1.6088_n	0.6796	2.1100	−0.183
9	1.5243_n	2.0317	1.7329	1.5489	1.6849_n	+0.176
16	1.5392_n	1.9498_n	1.6176_n	1.0470_n	1.5966	−0.088
18	1.4543	1.9708_n	1.6352_n	1.6021	1.5104_n	−0.200
23	1.3491_n	1.8492_n	1.3543	1.2020_n	1.4494_n	(−0.163)
30	0.5807_n	1.8024_n	0.6001_n	1.5937	1.1967	+0.005
Nov. 11	1.4394_n	1.9488_n	1.5989	1.9423_n	1.0342	−0.302
24	1.5082	1.9305_n	1.6094	1.7193_n	2.0650_n	+0.205
29	0.9934_n	1.8265_n	1.2026_n	1.9287_n	1.8786_n	−0.023
Dez. 11½	1.0850_n	2.0460_n	1.7342	1.7990	1.4724_n	−0.013
13	1.3404	1.7950_n	1.1777	1.9058_n	1.5133_n	−0.004
1911						
Jan. 3	1.2474	2.0635_n	1.7075_n	1.1614	1.9660_n	+0.023
8	1.4959	1.7975_n	1.3583_n	1.5434_n	1.2998_n	+0.032
1911						
Aug. 20	1.0409_n	1.8327_n	1.3361	1.8197	2.0012	+0.165
Sept. 1	0.5770_n	2.0490_n	1.7396_n	1.8949_n	0.5420	+0.047

1911	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	v
Sept. 3	1.4156	1.7850$_n$	1.2340$_n$	1.9183	1.7667	−0.″116
19	1.1378$_n$	1.9378$_n$	1.5621	1.9152$_n$	1.8512	+0.206
Okt. 27	1.5427	2.0871$_n$	1.8031	1.9128	1.5325	−0.134
Dez. 19½	1.6597	1.7359$_n$	1.3063$_n$	1.7558$_n$	2.0924	+0.311
1912						
Jan. 30	1.1549	1.9369$_n$	1.5805$_n$	1.8558	0.8307$_n$	+0.124
Febr. 3	1.3483	1.9862$_n$	1.6713	1.4755	2.0308	(+0.440)
19	1.8325	1.8983$_n$	1.7069	1.6439$_n$	1.9400$_n$	−0.203
März 9	1.7971	1.7506$_n$	1.5715	1.8584$_n$	1.2376$_n$	−0.038

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1910	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	v
Juli 17	1.2418$_n$	0.9480	0.7404	1.2162$_n$	9.9795$_n$	1.4866$_n$	1.6310	1.6420	1.7706	−0.″071
26	1.5375$_n$	0.6456	1.2390$_n$	1.1865$_n$	1.2162$_n$	1.6909	1.3285	1.6066	1.7974	−0.122
Aug. 2	1.5251$_n$	0.9920	1.2399	1.3100	1.2333	1.7313$_n$	0.5459$_n$	1.7606$_n$	1.6882$_n$	−0.156
9	1.4600$_n$	1.1330	1.1815$_n$	1.3824$_n$	1.2197$_n$	1.7161	1.2381$_n$	1.8519	1.4492	−0.048
Sept. 10	1.2767$_n$	9.9544	0.1865$_n$	1.4111$_n$	1.3584	0.8486$_n$	1.7595	1.9058	0.8102$_n$	(+0.791)
27	1.5605$_n$	0.3042$_n$	1.2552$_n$	0.6669$_n$	1.2097$_n$	1.7193	1.4441	0.8416	1.9160	+0.020
Okt. 2	1.2842$_n$	0.0392$_n$	0.4099$_n$	1.2812$_n$	0.0968	0.5104$_n$	1.7744	1.7392	1.7957	+0.353
7	1.4205$_n$	1.0384	1.0949	1.4157$_n$	1.1814	1.6771$_n$	1.5584	1.9212	0.5921	−0.075
9	1.3763$_n$	0.8309$_n$	0.9730	1.3770	0.7582$_n$	1.2087$_n$	1.7511$_n$	1.8610$_n$	1.6178$_n$	−0.120
16	1.4685$_n$	0.9081$_n$	1.1455$_n$	1.4091$_n$	0.9509	1.5703	1.6761	1.9121	1.2935	+0.097
18	1.4459$_n$	1.0043	1.1279	1.3612	1.3891	1.7052$_n$	1.5099	1.8462$_n$	1.6656$_n$	+0.299
23	1.5359$_n$	0.7437$_n$	1.2326	1.4014	1.0166$_n$	1.7088$_n$	1.5018$_n$	1.9246$_n$	0.7507	(+0.612)
30	1.5596$_n$	0.0913$_n$	1.2586$_n$	1.3555$_n$	1.0844	1.7681	1.1750	1.9003	1.4487$_n$	−0.003
Nov. 11	1.4464$_n$	0.9866$_n$	1.1364	0.1490	1.5502$_n$	1.5877$_n$	1.6628$_n$	1.2010$_n$	1.9171	−0.145
24	1.4423$_n$	0.8191	1.1160$_n$	1.2833	1.4053$_n$	1.7120	1.4810$_n$	1.8630$_n$	1.6061	+0.047
29	1.5128$_n$	0.8445$_n$	1.2177$_n$	0.6353	1.2694$_n$	1.7311	1.4037	1.4270$_n$	1.8950	+0.028
Dez. 11½	1.2813$_n$	0.9470$_n$	0.8740	1.1924	0.3815	1.2313$_n$	1.7473$_n$	1.6545$_n$	1.8329$_n$	+0.259
13	1.5104$_n$	9.4156	1.2059$_n$	0.8572$_n$	1.4138$_n$	1.7653	0.6724$_n$	1.1295	1.9051	−0.263
1911										
Jan. 3	1.1977$_n$	0.3889$_n$	8.4148$_n$	1.3409	1.2898	0.9067$_n$	1.7462	1.8721$_n$	1.4012$_n$	−0.254
8	1.4731$_n$	0.0115	1.1625	1.3003	0.4964$_n$	1.7301$_n$	1.1687	1.8718$_n$	1.3639	−0.051
1911										
Aug. 20	1.5933$_n$	1.1148$_n$	1.3064	1.2459$_n$	1.2101	1.7221$_n$	0.9496	1.3508	1.8534$_n$	−0.133
Sept. 1	1.3812$_n$	1.0609$_n$	0.9228$_n$	0.9885$_n$	0.9378$_n$	1.6509	1.4990−	1.6568	1.7894	+0.025
3	1.0370$_n$	9.6401$_n$	1.3311	9.8460$_n$	1.5723	1.5492$_n$	1.6221	1.3504$_n$	1.8655$_n$	+0.001
19	1.5433$_n$	1.2455$_n$	1.2630	0.9208$_n$	1.6451$_n$	1.7508$_n$	0.4350$_n$	1.6390	1.8185	+0.097
Okt. 27	1.3406$_n$	0.8035$_n$	8.2105$_n$	1.0989$_n$	0.7994	1.5303$_n$	1.6854$_n$	0.9113	1.9147$_n$	+0.003
Dez. 19½	1.6043$_n$	1.0353$_n$	1.3116	1.3587$_n$	1.1201$_n$	1.5248$_n$	1.6742	1.8595	1.5617	−0.378
1912										
Jan. 30	1.3053$_n$	1.3806$_n$	1.1845$_n$	1.1101$_n$	1.5817	1.7326	0.3925	1.1923	1.8079$_n$	+0.021
Febr. 3	1.2786$_n$	1.3261$_n$	1.0634	1.4179$_n$	0.7468$_n$	1.7116$_n$	1.1691$_n$	1.7748	1.6564$_n$	(+0.706)
19	1.3784$_n$	0.6878$_n$	0.9092$_n$	1.3602	1.5975$_n$	1.1874$_n$	1.6966$_n$	1.6597$_n$	1.7518	+0.189
März 9	1.4931$_n$	0.7911$_n$	1.1562$_n$	0.9068$_n$	1.5224$_n$	0.2798	1.7019$_n$	1.6105	1.7575	+0.034

Normalgleichungen.

	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n
$d(e_1 \sin \pi_1)$	4.416	−1.164	+0.456	+0.352	−0.513	+0.010	−0.481	−0.537	−1.029	−0.095
$d(e_1 \cos \pi_1)$		19.665	+1.065	+3.168	−1.146	−0.051	+0.109	−0.141	+0.009	+2.171
de_1			4.591	+0.492	−1.013	−1.489	+0.059	−0.559	−0.842	+0.378
$-de_2$				10.499	+1.241	−0.539	−0.563	−2.352	−0.461	+1.193
$\frac{da}{a}$					11.111	−0.434	+0.932	−0.218	−2.817	−0.015
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						4.937	+0.250	+1.688	+2.173	−0.541
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							3.481	+1.544	+0.551	−0.687
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								7.537	+2.127	−0.756
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									8.884	−0.607

Auflösung Dione-Rhea 1910—1912.

Korrektionen: Mittlere Epoche 1911.156.

	Dione	Rhea		Dione	w. F.	Rhea	w. F.
$\log d(e \sin \pi)$	6.5164n	—	$d(e \sin \pi)$	−0.00033	±0.00054	—	
$\log d(e \cos \pi)$	6.9887	—	$d(e \cos \pi)$	+0.00097	±0.00026	—	—
$\log d\varepsilon$	6.4988	6.8115n	$d\varepsilon$	+1!08	±1!89	−2!23	±1!24
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.7898n	6.2627	$d(\gamma \sin \theta_0)$	−2.12	±1.90	+0.63	±1.54
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	7.2523n	6.5232	$d(\gamma \cos \theta_0)$	−6.15	±2.14	+1.15	±1.44

(nn)	1.600
$(vv)_x$	0.485
$(vv)_y$	0.620
(vv)	1.105

$\log \frac{da}{a}$ 5.8155

Epoche von π, θ 1911 Jan. 0.0

Anzahl der Gl. 60
Summe der Gew. 52

$\frac{da}{a}$ +0.00007 ±0.00036

w. F. einer Gl. ±0".108

Korrigierte Elemente:

1911 April 0.0	l	45° 41!9	±1!9	148° 31!1	±1!2
	a	—	—	76".175	±0".027
	e	0.00301			
	π	354°3			
Ep. 1911.181	Ω	168° 21!93	±4!29	168° 49!29	±3!20
	i	27 59.44	±2.03	27 52.83	±1.40

Dione-Rhea 1912—1914.

1912	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Aug. 13	15h54m38s	18".47	+4m08	248° 52!2	+ 4!9	8	5	
20	15 3 32	15.64	5.02	59 12.6	+ 8.8	8	5	
Sept. 7	13 38 36	104.01	4.42	63 39.6	−13.5	8	5	
8	13 49 48	95.16	4.43	282 29.4	−10.3	8	5	
22	13 32 22	108.32	5.00	265 49.8	− 8.6	8	5	
Okt. 1	15 26 2	19.98	4.07	302 4.2	− 2.0	8	5	
12	15 36 22	122.68	5.33	100 51.6	−11.9	8	5	
15	16 5 52	35.39	4.82	279 52.2	− 4.3	8	5	
19	12 50 10	132.40	7.45	277 5.4	−14.9	8	5	
29	11 30 33	35.73	4.13	269 27.0	− 2.1	8	5	

1912	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Nov. 9	$13^h35^m25^s$	111.02	$4^m.93$	68° 19.8	− 12.8	8	5	
10	12 2 6	72.24	4.25	292 15.0	− 13.1	8	5	
16	9 43 42	110.52	5.42	246 30.6	− 15.2	8	5	
17	13 3 41	86.10	4.23	98 34.2	− 8.1	8	5	
24	9 35 7	93.86	5.02	275 30.0	− 10.7	8	5	
Dez. 8	12 3 26	77.89	4.23	255 8.4	− 8.2	8	5	
22	10 49 42	48.82	4.47	230 53.4	− 19.4	8	5	
1913								
Jan. 12	11 43 35	42.40	5.02	300 47.4	− 18.9	8	5	
18	10 56 36	90.64	4.60	247 19.2	− 12.4	8	5	Im A. J. unter Tethys-Rhea veröffentlicht.
25	10 46 16	66.72	25.32	53 29.4	−112.9			
28	7 12 18	54.93	4.07	254 55.8	− 8.3	8	5	Korr. p: + 108°.
Febr. 1	9 54 30	50.31	4.57	210 10.2	− 35.6	8	5	
4	6 25 26	46.49	4.68	95 46.2	− 11.5	8	5	
8	10 14 40	43.90	3.72	343 1.2	− 35.5	8	5	Korr. p: − 1°.
9	9 33 22	58.17	4.68	265 37.2	− 6.5	8	5	
11	6 16 10	37.12	4.85	229 29.4	− 20.7	8	5	
März 4	7 21 31	44.83	4.50	303 1.8	− 18.3	8	5	
1913								
Sept. 9	15 38 3	66.69	5.48	328 13.8	− 43.2	8	5	
Okt. 11	14 14 5	16.00	4.80	321 37.8	− 2.2	8	5	
14	15 8 30	142.69	5.15	78 12.0	− 10.2	8	5	
25	14 21 18	29.27	7.52	289 34.8	− 7.0	8	5	
26	13 45 21	81.36	5.12	251 9.6	− 11.0	8	5	
30	14 3 50	53.66	5.98	215 22.2	− 30.4	8	5	
Nov. 1	12 40 34	32.30	5.05	101 30.0	− 4.2	8	5	
11	11 18 26	73.24	4.60	21 28.2	− 37.2	8	5	
15	12 39 16	42.81	5.65	85 0.0	− 5.3	8	5	
22	11 52 2	43.08	4.72	258 45.0	− 5.2	8	5	
23	12 42 4	50.17	5.42	148 55.2	− 40.5	10	5	
Dez. 13	11 23 26	29.16	4.18	37 48.0	− 10.9	8	5	
20	13 22 0	27.43	4.70	171 24.6	− 33.7	8	5	
30	9 6 34	130.94	5.97	73 58.2	− 13.1	8	5	
1914								
Jan. 24	10 35 15	67.63	5.33	209 3.6	− 8.5	8	5	
Febr. 1	10 7 38	59.35	4.30	324 45.0	− 30.9	7	5	
3	8 5 54	88.58	6.07	125 59.4	− 30.1	8	5	
7	10 14 52	64.10	5.23	252 24.6	− 10.5	8	5	
8	9 51 6	77.04	5.18	120 24.6	− 21.8	8	5	

Beobachtung — Rechnung.

1912	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Aug. 13	$21^h31^m23^s$	+50.36	+67.86	− 17.50	− 17.58	−0.08	+10.49	+16.31	− 5.82	− 5.68	+0.14
20	20 41 14	−42.48	−56.31	+ 13.83	+ 13.88	+0.05	−16.11	−23.33	+ 7.22	+ 7.21	−0.01
Sept. 7	19 18 45	+27.96	−67.97	+ 95.93	+ 95.53	−0.40	+21.90	−19.09	+40.99	+41.14	+0.15
8	19 30 0	−57.30	+34.05	− 91.35	− 91.66	−0.31	− 6.06	−31.61	+25.55	+25.57	+0.02
22	19 14 20	−35.64	+72.53	−108.17	−108.30	−0.13	−20.70	−18.41	− 2.29	− 1.98	+0.31
Okt. 1	21 9 12	+60.00	+76.33	− 16.33	− 16.31	+0.02	− 5.19	−16.61	+11.42	+11.54	+0.12
12	21 20 42	+62.16	−56.81	+118.97	+119.11	+0.14	− 1.45	+27.82	−29.27	−29.37	−0.10
15	21 50 28	+51.55	+85.68	− 34.13	− 34.49	−0.36	+14.88	+ 6.95	+ 7.93	+ 7.94	+0.01

1912	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Okt. 19	$18^h 35^m 6^s$	−62″.97	+67″.05	−130″.02	−130″.39	−0″.37	− 1″.40	−23″.93	+22″.53	+22″.96	+0″.43
29	17 16 11	+39.20	+74.52	− 35.32	− 35.70	−0.38	+20.60	+19.74	+ 1.16	+ 1.55	+0.39
Nov. 9	19 21 35	+20.67	−85.38	+106.05	+105.87	−0.18	+25.24	−10.70	+35.94	+36.30	+0.36
10	17 48 18	−62.27	+ 3.10	− 65.37	− 65.48	−0.11	− 6.53	−30.93	+30.40	+30.51	+0.11
16	15 30 2	−20.91	+82.60	−103.51	−103.28	+0.23	−25.26	+14.09	−39.35	−39.35	0.00
17	18 50 2	+48.31	−36.29	+ 84.60	+ 84.43	−0.17	+17.52	+33.92	−16.40	−16.89	−0.49
24	15 21 29	−46.83	+45.88	− 92.71	− 92.88	−0.17	−18.29	−31.82	+13.53	+13.51	−0.02
Dez. 8	17 49 29	+10.47	+86.60	− 76.13	− 76.09	+0.04	−25.98	− 9.26	−16.72	−16.64	+0.08
22	16 34 56	+44.77	+83.76	− 38.99	− 39.04	−0.05	−18.24	+10.99	−29.23	−29.31	−0.08
1913											
Jan. 12	17 26 49	−56.44	−20.98	− 35.46	− 35.61	−0.15	− 9.99	−33.51	+23.52	+23.02	−0.50
18	16 39 28	− 1.84	+83.22	− 85.06	− 84.90	+0.16	−24.82	+ 6.53	−31.35	−31.74	−0.39
25	16 27 56	−18.99	−73.50	+ 54.51	+ 53.97	−0.54	+23.25	−16.05	+39.30	+39.23	−0.07
28	12 53 35	−32.97	+20.17	− 53.14	− 53.56	−0.42	+20.36	+32.69	−12.33	−12.20	+0.13
Febr. 1	15 35 15	+33.10	+59.90	− 26.80	− 26.62	+0.18	−20.12	+22.96	−43.08	−42.69	+0.39
4	12 5 48	+44.75	+ 1.66	+ 43.09	+ 43.09	0.00	−15.71	−33.37	+17.66	+17.45	−0.21
8	15 54 28	−49.00	−37.75	− 11.25	− 11.50	−0.25	+13.16	−29.26	+42.42	+42.37	−0.05
9	15 13 2	+ 4.17	+62.39	− 58.22	− 58.13	+0.09	−23.91	−21.59	− 2.32	− 2.13	+0.19
11	11 55 35	−54.60	−25.51	− 29.09	− 29.07	+0.02	+ 8.39	+31.47	−23.08	−23.09	−0.01
März 4	12 58 3	+38.73	+75.33	− 36.60	− 36.61	−0.01	+16.74	− 9.04	+25.78	+25.87	+0.09
1913											
Sept. 9	21 16 55	− 0.59	+29.94	− 30.53	− 30.87	−0.34	+25.72	−33.43	+59.15	+59.12	−0.03
Okt. 11	19 57 8	+53.89	+62.69	− 8.80	− 8.82	−0.02	−12.88	−26.08	+13.20	+13.35	+0.15
14	20 51 55	+60.23	−81.12	+141.35	+141.62	+0.27	+ 5.45	−12.17	+17.62	+17.48	−0.14
25	20 5 53	+60.46	+86.92	− 26.46	− 26.67	−0.21	+ 7.01	− 4.63	+11.64	+12.06	+0.42
26	19 30 2	−50.28	+27.69	− 77.97	− 78.90	(−0.93)	+16.65	+36.61	−19.96	−19.87	(+0.09)
30	19 48 52	+41.25	+75.00	− 33.75	− 33.84	−0.09	−21.14	+20.01	−41.15	−40.87	+0.28
Nov. 1	18 25 47	−56.51	−87.66	+ 31.15	+ 31.09	−0.06	−12.66	− 3.95	− 8.71	− 9.09	−0.38
11	17 4 23	+16.02	−16.14	+ 32.16	+ 31.68	−0.48	+27.38	−38.68	+66.06	+66.03	−0.03
15	18 25 27	−22.92	−65.31	+ 42.39	+ 42.81	+0.42	−26.59	−26.70	+ 0.11	+ 0.25	+0.14
22	17 38 31	+ 4.05	+46.40	− 42.35	− 42.79	−0.44	+28.45	+33.80	− 5.35	− 4.98	+0.37
23	18 28 35	−47.65	−70.42	+ 22.77	+ 22.83	+0.06	−19.30	+25.11	−44.41	−44.67	−0.26
Dez. 13	17 10 7	+54.48	+34.90	+ 19.58	+ 19.52	−0.06	−15.34	−36.86	+21.52	+21.67	+0.15
20	19 8 30	−64.47	−66.62	+ 2.15	+ 2.26	+0.11	− 0.07	+26.99	−27.06	−27.34	−0.28
30	14 52 35	+53.71	−83.16	+136.87	+136.93	+0.06	+15.26	−13.90	+29.16	+28.86	−0.30
1914											
Jan. 24	16 19 5	− 0.68	+66.42	− 67.10	− 67.53	−0.43	+27.39	+24.11	+ 3.28	+ 3.67	+0.39
Febr. 1	15 50 33	+30.12	+61.40	− 31.28	− 31.10	(+0.18)	+23.52	−26.47	+49.99	+50.55	(+0.56)
3	13 48 34	+40.88	−27.26	+ 68.14	+ 68.20	(+0.06)	−20.03	+35.73	−55.76	−56.52	(−0.76)
7	15 57 2	−39.28	+22.44	− 61.72	− 62.30	−0.58	+20.39	+35.85	−15.46	−15.08	+0.38
8	15 33 9	−10.97	−75.13	+ 64.16	+ 64.21	+0.05	−26.37	+17.31	−43.68	−43.64	+0.04

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1912	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	n
Aug. 13	1.3075_n	1.8243_n	1.3943_n	1.5972_n	1.2449_n	+0″.096
20	1.4400_n	1.9174_n	1.5804	1.7490	1.1424	−0.008
Sept. 7	1.6253_n	1.9932_n	1.7134_n	1.6637	1.9801	−0.197
8	1.4140_n	1.7070_n	1.1553	1.8745	1.9022_n	−0.141
22	1.5335_n	1.9928_n	1.6894	1.6350	2.0346_n	−0.050
Okt. 1	1.6614_n	1.6613_n	1.0896	1.5898	1.2125_n	+0.065
12	1.5660_n	1.7038_n	0.5355	1.8200_n	2.0760	−0.014

1912	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	r
Okt. 15	1.2955_n	1.9308_n	1.5487_n	1.2437_n	1.5377_n	−0.″089
19	1.4859_n	1.7437_n	0.5216	1.7542	2.1153_n	−0.113
29	1.4045_n	2.0180_n	1.6984_n	1.6841_n	1.5526_n	−0.044
Nov. 9	1.6113_n	2.0641_n	1.7823_n	1.4269	2.0248	+0.052
10	1.2789_n	1.8267_n	1.1956	1.9515	1.8161_n	+0.032
16	1.5853_n	2.0692_n	1.7840	1.5445_n	2.0140_n	+0.239
17	1.1381_n	1.9835_n	1.6253_n	1.9143_n	1.9265	−0.058
24	1.1009_n	1.9966_n	1.6453	1.8872	1.9679_n	−0.080
Dez. 8	1.7777_n	2.0479_n	1.8003	1.3399	1.8813_n	+0.025
22	1.8048_n	1.8845_n	1.6489	1.4453_n	1.5915_n	−0.100
1913						
Jan. 12½	0.1028_n	1.8733_n	1.3889	1.9197	1.5516_n	−0.091
18	1.5496_n	2.0660_n	1.7842	1.2292_n	1.9289_n	+0.150
25½	1.7057_n	2.0158_n	1.7555_n	1.6064	1.7321	−0.252
28	1.7456_n	1.9495_n	1.6976_n	1.9085_n	1.7288_n	−0.084
Febr. 1	1.7388_n	1.9455_n	1.6921	1.7578_n	1.4253_n	+0.089
4	1.7121_n	1.8598_n	1.5843	1.9156	1.6344	−0.093
8	1.6708_n	1.8183_n	1.5067_n	1.8603	1.0606_n	+0.003
9	1.5578_n	2.0455_n	1.7660	1.7209	1.7644_n	+0.080
11	1.5603_n	1.7616_n	1.3109_n	1.8879_n	1.4634_n	+0.171
März 4	0.6845	1.9517_n	1.6064_n	1.3284	1.5636_n	+0.302
1913						
Sept. 9	1.6116_n	2.0337_n	1.7617_n	1.8749	1.4895_n	+0.086
Okt. 11	1.6762_n	1.8018_n	1.4622	1.7647	0.9456_n	−0.025
14	0.9004_n	1.8099_n	1.0891_n	1.4540	2.1511	+0.200
25	0.6027_n	1.8332_n	1.1986_n	0.9747	1.4260_n	−0.037
26	1.7211_n	1.8658_n	1.5742_n	1.9195_n	1.8971_n	(−0.625)
30	1.7532_n	1.9394_n	1.6778	1.6639_n	1.5295_n	−0.158
Nov. 1	0.6476	1.9040_n	1.4552	0.9986	1.4926	−0.132
11	1.1574_n	2.0924_n	1.7906_n	1.9430	1.5009	−0.108
15	0.8105_n	2.0861_n	1.7779	1.7866	1.6315	+0.273
22	1.3545_n	2.1018_n	1.8074_n	1.8868_n	1.6314_n	−0.027
23	1.0900	1.9936_n	1.6390	1.7484_n	1.3586	−0.076
Dez. 13	1.6112_n	1.8926_n	1.5395	1.9198	1.2904	−0.101
20	0.8879_n	1.8062_n	9.1816	1.7813_n	0.3545	+0.144
30	1.3262	1.9283_n	1.5374_n	1.5116	2.1365	+0.105
1914						
Jan. 24	0.6599_n	2.0921_n	1.7914_n	1.7438_n	1.8295_n	+0.013
Febr. 1	1.3894	2.0317_n	1.7249_n	1.7729	1.4927_n	(+0.570)
3	1.4978_n	1.9735_n	1.6550	1.9065_n	1.8338	(−0.156)
7½	1.4827_n	1.9790_n	1.6626_n	1.9110_n	1.7945_n	−0.243
8	1.0159	2.0755_n	1.7743	1.5834_n	1.8076	−0.179

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1912	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	de_1	de_2	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	r
Aug. 13	1.4504_n	1.5263	1.3284	1.4579	0.7540_n	1.5895_n	1.5161	1.6369_n	1.7517	−0.″020
20	1.3529_n	1.5098	1.2550_n	1.3774_n	0.8579	1.4514	1.6359_n	1.4360	1.8237_n	+0.090
Sept. 7	1.2640_n	1.4238	1.0736	1.4594_n	1.6142	1.0182_n	1.7176	1.5953	1.8001_n	+0.218
8	1.5516_n	1.5259	1.3853_n	1.1593	1.4078	1.6604	1.4429_n	1.7460_n	1.6946_n	−0.021
22	1.3253_n	1.4749	1.1784_n	1.4870	0.2957_n	1.2220	1.7180_n	1.8807_n	0.9351_n	+0.222
Okt. 1	1.6508_n	1.3868	1.4039	1.5084	1.0622	1.7409_n	0.8494	1.8896_n	0.5632_n	+0.017

1912		$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	r
Okt.	12	1.6506_n	1.4351	1.4179	1.3788_n	1.4080_n	1.7342_n	1.1078	1.8544	1.5267	−0.056
	13	1.4867_n	1.5326	1.3362	1.5569	0.9000	1.5230_n	1.6613	1.8096_n	1.6647	−0.175
	19	1.0451_n	1.4648	1.4225_n	1.4498	1.3610	1.7228	1.3425_n	1.8837_n	1.3507_n	+0.331
	20	1.4003_n	1.4728	1.2151	1.4941	0.1892	1.2597_n	1.7382	1.6492_n	1.8276	+0.201
Nov.	9	1.3417_n	1.3273	0.9352	1.5512_n	1.5599	0.9707	1.7047	1.7931	1.7205_n	+0.442
	10	1.0297_n	1.4810	1.4139_n	0.1110	1.4844	1.6853	1.5120_n	1.5331_n	1.8684_n	+0.132
	16	1.3512_n	1.3197	0.9388_n	1.5354	1.5949_n	0.0211_n	1.7672_n	1.7580_n	1.7045	−0.118
	17	1.4925_n	1.4887	1.3022	1.1780_n	1.2276_n	1.4527_n	1.7075	1.7706	1.7519	−0.520
	24	1.4885_n	1.4744	1.2874_n	1.2785	1.1306	1.4236	1.7183_n	1.8127	1.6948_n	−0.036
Dez.	8	1.4229_n	0.8393	0.6343	1.5518	1.2213_n	1.4537_n	1.7070_n	1.9075_n	0.9892	+0.007
	22	1.6117_n	0.3173	1.2632	1.5352	1.4671_n	1.7180_n	1.3804_n	1.7970_n	1.7027	−0.179
1913											
Jan.	12½	1.6121_n	1.3679	1.3622_n	0.9323_n	1.3621	1.6061	1.5917_n	0.8894_n	1.8915_n	−0.421
	18	1.3699_n	0.9198	9.8765_n	1.5308	1.5016_n	1.2619_n	1.7201_n	1.8210_n	1.6057	−0.481
	25½	1.4461_n	9.9565	0.8895_n	1.4772_n	1.5937	1.5458	1.6238	1.7033	1.7600_n	+0.018
	28	1.5280_n	0.1846_n	1.1292_n	0.9159	1.0865_n	1.0511	1.4934	0.9000	1.8796	+0.021
Febr.	1	1.5273_n	0.2368_n	1.1313	1.3889	1.0303_n	1.0518_n	1.4813_n	1.5241_n	1.8314	+0.318
	4	1.6002_n	9.8877_n	1.2626	0.8319	1.2418	1.7083_n	1.2277_n	1.4368_n	1.8451_n	−0.123
	8	1.6258_n	0.8402	1.3026_n	1.1893_n	1.6270	1.7206	0.9885	0.9676	1.8691_n	+0.024
	9	1.3734_n	0.6986	0.2323	1.4076	0.3280_n	1.3833_n	1.6773_n	1.8455_n	1.4003_n	+0.173
	11	1.6562_n	0.0728	1.3500_n	1.0195_n	1.3633_n	1.7253	0.3683_n	1.6671	1.7623	−0.035
März	4	1.4784_n	1.3034	1.2053	1.4943	1.4128	1.1954_n	1.6854	1.8502_n	0.8897	−0.057
1913											
Sept.	9	1.3837_n	0.9412	9.4192_n	1.1247	1.7717	1.6673	1.3558	1.8322_n	1.3917_n	−0.224
Okt.	11	1.6938_n	0.6171	1.3791	1.4448	1.1254	1.6347_n	1.5296	1.8816_n	0.9405	+0.041
	14	1.6933_n	1.3292	1.4273	1.5566_n	1.2424	1.0552_n	1.7315	1.4405	1.8559_n	−0.089
	25	1.6959_n	1.3344	1.4288	1.5864	1.0814	0.9068_n	1.7437	1.7578_n	1.7282	+0.178
	26	1.6779_n	8.8559_n	1.3486_n	1.0896	1.2983_n	1.6857	1.4539_n	1.6037	1.8289	(−0.036)
	30	1.6253_n	0.4128_n	1.2627	1.5223	1.6114_n	1.7297_n	1.2449	1.1071_n	1.8913	+0.242
Nov.	1	1.6599_n	1.3844	1.3992_n	1.5899_n	0.9584_n	0.6046_n	1.7527_n	1.6511	1.8140_n	−0.153
	11	1.4404_n	1.1412	0.8515	0.8549_n	1.8198	1.6589	1.5376	1.6934_n	1.7982_n	−0.175
	15	1.4638_n	1.2184	1.0069_n	1.4618_n	9.4066	1.6209_n	1.5974_n	0.3222_n	1.9042_n	+0.351
	22	1.4414_n	0.8854	0.2545	1.3132	0.6976_n	1.7140	1.4047	1.3704	1.8873	+0.185
	23	1.6066_n	1.3612	1.3247_n	1.4944_n	1.6500_n	1.2947_n	1.7356_n	1.9009	1.1190_n	−0.014
Dez.	13	1.7016_n	0.7625_n	1.3825	1.1891	1.3358	1.6762_n	1.5204	1.8788_n	1.4550_n	+0.109
	20	1.7533_n	0.8477	1.4556_n	1.4698_n	1.4368_n	1.3451	1.7276_n	1.9056	0.7411_n	−0.099
	30	1.6708_n	1.2377	1.3762	1.5660_n	1.4603	1.0001	1.7509	1.4970	1.8670_n	−0.278
1914											
Jan.	24	1.4379_n	9.7467_n	9.4812_n	1.4686	0.5643	1.7130	1.3062	0.8660_n	1.8877	+0.172
Febr.	1	1.5245_n	1.0841	1.1255	1.4348	1.7037	1.5355	1.6294	1.8837_n	0.9809	(+0.355)
	3	1.5948_n	1.1125_n	1.2582	1.0822_n	1.7522_n	1.7084_n	1.2858	1.8339	1.5338	(−0.546)
	7½	1.5821_n	1.1151_n	1.2410_n	0.9979	1.1785_n	1.7089	1.2544_n	1.5697	1.8197	+0.318
	8	1.4423_n	0.6885	0.6871_n	1.5227_n	1.0399_n	1.6647_n	1.4523_n	1.8572	1.3625_n	+0.304

Normalgleichungen.

	$d(e_1 \sin \pi_1)$	$d(e_1 \cos \pi_1)$	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n
$d(e_1 \sin \pi_1)$	10.382	+7.407	−1.086	−1.680	+2.362	+0.443	−0.123	+1.891	+0.594	+0.867
$d(e_1 \cos \pi_1)$		36.225	−0.660	−2.226	+4.258	−0.046	+0.069	−1.067	−0.820	+4.206
$d\epsilon_1$			9.327	+2.247	−3.028	−1.970	+2.086	−0.932	+1.127	+2.969
$-d\epsilon_2$				16.861	−0.835	−0.551	−0.124	−5.312	+3.550	+0.941
$\frac{da}{a}$					22.526	+1.846	+2.150	−1.672	−3.831	+2.185
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						6.018	−0.328	+1.031	−1.371	+0.252
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							6.871	+0.680	+1.454	+0.881
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								12.755	−1.229	−2.088
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									12.383	+1.722

Auflösung Dione-Rhea 1912 1914.

Mittlere Epoche 1913.277.

Korrektionen:

	Dione	Rhea		Dione	w. F.	Rhea	w. F.		
$\log d(e \sin \pi)$	6.2292		$d(e \sin \pi)$	+ 0.00017	±0.00044	–		(nn)	5.074
$\log d(e \cos \pi)$	7.0056		$d(e \cos \pi)$	+ 0.00101	±0.00023	–			
$\log de$	7.6039	6.6732	de	+13.81	±1.61	+1.62	±1.19	$(vv)_x$	0.675
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	7.2666	7.0943	$d(\gamma \sin \theta_0)$	+ 6.35	±1.87	+4.27	±1.37	$(vv)_y$	1.938
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	6.7478n	7.2551n	$d(\gamma \cos \theta_0)$	– 1.92	±1.85	–6.19	±1.37	(vv)	2.613
$\log \frac{da}{a}$		7.1462							

Epoche von π, θ 1913 Jan. 0.0

Anzahl der Gl. 92
Summe der Gew. 83

$\frac{du}{a}$ +0.00140 ±0.00031

w. F. einer Gl. ± 0".127

Korrigierte Elemente:

1913 April 0.0	l	77° 56.6	±1.6	82° 2.2 ±1.2
	a	—	—	76".277 ±0".024
	e	0.00281		
	π	49°.0		
Ep. 1913.282	Ω	168° 28.68	±3.94	169° 14.31 ±2.92
	i	28 8.87	±1.86	27 56.75 ±1.37

Tethys-Dione 1910—1912.

1910	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	p	Bemerkungen
Juli 24	15h 31m 41s	33".48	+4m.47	24° 39.0	−79.5	8	5	
Aug. 2	15 16 30	13.53	4.20	244 21.0	−15.5	8	5	
9	15 8 27	27.49	7.42	96 51.6	−12.8	8	6	
Sept. 25	13 21 50	45.31	4.28	289 21.0	−17.5	8	5	
27	12 9 24	19.23	5.32	130 6.6	−43.9	10	5	
Okt. 7	13 12 4	22.80	5.02	201 55.8	−99.3	8	5	
16	11 16 39	24.30	4.30	157 31.8	−78.9	8	5	
Nov. 1	11 20 34	36.34	4.67	107 +6	−12.1	8	5	
24	9 20. 40	56.38	5.45	66 18.6	−31.3	8	5	Korr. p: − 20°
Dez. 20	8 52 48	9.50	4.07	182 15.0	−83.6	8	5	
1911								
Jan. 8	9 47 30	14.64	3.98	272 34.8	+ 0.5	8	5	
10	7 53 3	38.85	5.93	54 19.2	−57.5	8	5	
1911								
Aug. 15	16 12 44	22.42	3.77	267 42.6	− 4.6	8	5	
29	15 4 4	60.34	4.03	240 13.2	−23.7	8	5	
Sept. 3	15 19 59	50.12	4.72	279 51.0	−13.8	8	5	
Okt. 3	13 38 34	22.37	3.85	296 11.4	−17.8	8	5	
20	14 40 14	27.85	4.45	115 9.6	−17.7	8	5	
29	10 57 37	80.54	6.78	105 56.4	−25.4	8	5	
1912								
Febr. 3	7 30 38	26.27	5.10	0 43.8	−95.9	8	5	
19	7 6 42	20.32	3.95	304 49.8	−23.2	8	5	Korr. p: + 180°.
März 4	7 10 49	31.46	4.90	56 16.8	−34.8	9	5	

Beobachtung — Rechnung.

1910		Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Julj	24	21h 8m 7s	+12″45	− 0″62	+13″07	+13″10	+0″03	+12″87	−17″37	+30″24	+30″81	+0″57
Aug.	2	20 54 10	+43.39	+55.59	−12.20	−12.14	+0.06	− 2.23	+ 3.65	− 5.88	− 5.96	−0.08
	9	20 47 4	−21.58	−49.17	+27.59	+27.32	−0.27	−12.28	− 9.42	− 2.86	− 3.08	−0.22
Sept.	25	19 5 42	−47.37	− 4.93	−42.44	−42.91	(−0.47)	− 3.53	−18.71	+15.18	+14.53	(−0.65)
	27	17 53 24	−44.40	−59.26	+14.86	+14.94	+0.08	− 6.27	+ 5.73	−12.00	−12.11	−0.11
Okt.	7	18 56 41	+37.30	+44.84	− 7.54	− 7.73	−0.19	− 8.56	+13.01	−21.57	−21.45	+0.12
	16	17 1 36	−36.86	−46.96	+10.10	+10.00	−0.10	− 9.65	+12.39	−22.04	−22.15	−0.11
Nov.	1	17 5 36	+40.64	+ 6.16	+34.48	+34.91	+0.43	+ 8.13	+17.99	− 9.86	−10.10	−0.24
	24	15 4 42	+ 3.36	−47.71	+51.07	+51.06	−0.01	+12.84	−11.08	+23.92	+23.91	−0.01
Dez.	20	14 34 21	+46.81	+46.88	− 0.07	+ 0.03	+0.10	+ 0.80	+10.15	− 9.35	− 9.50	−0.15
1911												
Jan.	8	15 26 37	+38.59	+53.50	−14.91	−14.63	+0.28	+ 6.53	+ 0.05	+ 0.48	+ 0.40	−0.08
	10	13 31 54	+35.68	+ 4.77	+30.91	+30.75	−0.16	+ 7.51	−15.75	+23.26	+23.74	+0.48
1911												
Aug.	15	21 50 59	+18.96	+41.56	−22.60	−22.42	+0.18	+14.57	+14.90	− 0.33	− 0.36	−0.03
	29	20 44 12	−41.42	+11.58	−53.00	−52.04	+0.06	− 6.83	+21.81	−28.64	−28.66	−0.32
Sept.	3	21 0 47	+ 7.04	+56.46	−49.42	−49.18	+0.24	+16.59	+ 0.79	+ 0.80	+ 0.66	−0.14
Okt.	3	19 22 41	+42.03	+61.89	−19.86	−19.88	−0.02	+ 8.30	− 1.81	+10.11	+10.25	+0.14
	20	20 25 33	+37.08	+12.37	+24.71	+25.01	+0.30	+11.18	+22.84	−11.66	−12.26	−0.60
	29	16 43 17	+16.10	−60.87	+76.97	+77.15	+0.18	−16.73	+ 6.88	−23.61	−23.11	+0.50
1912												
Febr.	3	13 8 48	+33.05	+33.62	− 0.57	− 0.11	(+0.46)	+ 9.87	−10.35	+20.22	+20.27	(+0.05)
	19	12 42 41	−37.92	−21.43	−16.49	−16.61	−0.12	+ 6.84	−18.40	+11.56	+11.71	+0.15
März	4	12 45 1	+42.47	+16.83	+25.64	+26.25	(+0.61)	− 1.11	−18.80	+17.69	+17.33	(−0.36)

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1910		$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r	1911		$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Juli	24½	1.0224_n	1.7478	1.1174	+0″052	Jan.	10½	1.4416_n	1.7604	1.4879	−0″100
Aug.	2	0.9810	1.0690_n	1.0844_n	+0.007	1911					
	9	1.5963	1.4800	1.4304	−0.081	Aug.	15	1.6083_n	1.5950_n	1.3506_n	−0.045
Sept.	25	0.9938	1.7906	1.6320_n	(−0.205)		29	1.2976	1.7600_n	1.7237_n	+0.003
	27	1.2895	1.2778_n	1.1744	+0.068	Sept.	3	1.6610_n	1.2547_n	1.6918_n	+0.091
Okt.	7	1.5000	1.6399_n	0.8884_n	−0.215	Okt.	3	1.3863_n	0.6859	1.2985_n	−0.061
	16	1.5119	1.6243_n	1.0002	−0.136		20	1.5140_n	1.7925_n	1.3981	−0.020
Nov.	1	1.4436_n	1.7976_n	1.5429	+0.113		29	1.0718	1.2748_n	1.8874	+0.190
	24	1.6849_n	1.6011	1.7081	−0.096	1912					
Dez.	20	0.0206_n	1.5712_n	8.4146	−0.017	Febr.	3	1.4792_n	1.6658	0.0231_n	(+0.506)
1911							19	1.3276	1.7115	1.2203_n	+0.123
Jan.	8	1.3752_n	1.3451_n	1.1054_n	+0.152	März	4	0.0933	1.7140	1.4192	(+0.744)

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1910		$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin\theta_1)_1$	$d(\gamma \cos\theta_1)_1$	$d(\gamma \sin\theta_2)_2$	$d(\gamma \cos\theta_2)_2$	r
Juli	24½	0.5872	9.2822_n	1.4887	1.5009_n	1.4212	1.1808	1.7074_n	+0″327
Aug.	2	1.1311	1.2387	0.7755_n	1.4794_n	1.4705_n	1.7316_n	0.4413_n	−0.083
	9	0.8283_n	1.1859_n	0.4879_n	1.5043	1.3417_n	1.7185	1.2107_n	−0.156

1910		$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$d(\gamma \cos\theta_o)_2$	c
Sept.	25	1.1570$_n$	0.1747n	1.1623	1.6560	0.9210	1.2039	1.7540$_n$	(−0.829)
	27	1.1278$_n$	1.2532n	1.0830$_n$	1.6646	0.1619$_n$	1.7157	1.4505	+0.066
Okt.	7	1.0462	1.1262	1.3314$_n$	1.3565n	1.6104$_n$	1.6982$_n$	1.5160	+0.266
	16	1.0351$_n$	1.1403$_n$	1.3453$_n$	1.6391	1.2440$_n$	1.5626	1.6807	+0.148
Nov.	1	1.0664	0.2471	1.0041$_n$	1.6546n	1.1345	1.2297$_n$	1.7633	−0.106
	24	9.9696	1.1220$_n$	1.3785	1.1722n	1.6452	1.7160	1.4690$_n$	−0.154
Dez.	20	1.1054	1.1061	0.9777$_n$	1.6479n	0.8652$_n$	1.7019$_n$	1.4480	−0.111
1911									
Jan.	8	1.0229	1.1648	9.6005	1.5980$_n$	1.2584	1.7316$_n$	1.1474	−0.140
	10½	0.9894	0.1155	1.3754	1.5660$_n$	1.3518	0.4541	1.7444$_n$	+0.233
1911									
Aug.	15	0.8553	1.1962	9.5507$_n$	1.3389	1.5473	1.1505$_n$	1.7085	+0.151
	29	1.1949$_n$	0.6415	1.4618$_n$	0.5280	1.6272$_n$	1.2939	1.7056	−0.050
Sept.	3	0.4247	1.3291	0.9850	1.5299	1.4207	1.5415$_n$	1.6274	−0.008
Okt.	3	1.1953	1.3634	1.0108	0.6730	1.6514	1.6974$_n$	1.4611	+0.181
	20½	1.1352	0.6585	1.0884$_n$	1.1868	1.6364	1.3733	1.7312	−0.351
	29½	0.7694	1.3471$_n$	1.3638$_n$	1.6646$_n$	0.1659$_n$	1.7517	1.2592$_n$	+0.468
1912									
Febr.	3	1.0667	1.0742	1.4195	1.3985	1.5256	1.7138$_n$	1.1413$_n$	(−0.076)
	19	1.1322$_n$	0.8843$_n$	1.0685	1.2744$_n$	1.5560$_n$	1.2206$_n$	1.6932$_n$	−0.090
März	4	1.1882	0.7861	1.2389	0.4703	1.5976	1.6487$_n$	1.3849$_n$	(−0.541)

Normalgleichungen.

	$d\epsilon_1$	$-d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin\theta_o)_1$	$d(\gamma \cos\theta_o)_1$	$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$	$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$	n
$d\epsilon_1$	1.944	+0.152	+0.299	−0.327	+0.244	−0.477	+0.145	−0.507
$-d\epsilon_2$		3.114	+0.308	−0.199	+0.153	−0.845	+0.380	−0.877
$\frac{da}{a}$			2.303	−0.091	+0.446	−0.047	−0.652	+0.359
$d(\gamma \sin\theta_o)_1$				1.701	+0.045	+1.028	+0.463	−0.401
$d(\gamma \cos\theta_o)_1$					1.443	+0.003	+0.148	+0.097
$-d(\gamma \sin\theta_o)_2$						2.714	−0.596	−0.061
$-d(\gamma \cos\theta_o)_2$							2.440	−0.949

Auflösung Tethys-Dione 1910—1912.

Korrektionen: Mittlere Epoche 1911.181.

	Tethys	Dione		Tethys	w. F.	Dione	w. F.	
$\log d\epsilon$	7.5023$_n$	7.4851	$d\epsilon$	−10.″03	±2.″89	+10.″51	±2.″31	(nn) 1.565
$\log d(\gamma \sin\theta_o)$	7.0829$_n$	7.2958	$d(\gamma \sin\theta_o)$	− 4.16	±3.69	+ 6.79	±3.01	$(vv)_x$ 0.197
$\log d(\gamma \cos\theta_o)$	7.2004	7.5173	$d(\gamma \cos\theta_o)$	+ 5.45	±3.36	+11.31	±2.94	$(vv)_y$ 0.513
$\log \frac{da}{a}$	7.0226							(vv) 0.710

Epoche von θ 1911 Jan. 0.0

$\frac{da}{a}$ +0.00105 ±0.00082 Anzahl der Gl. 42

Summe der Gew. 33

Korrigierte Elemente:

1911 April 0.0	l	190° 10.′2	±2.′9	45° 51.′3	±2.′3	w. F. einer Gl. ±0.″111
	a	—	—	54.″600	±0.″043	
Ep. 1911.181	Ω	169° 5.′91	±7.′77	168° 6.′93	±6.′20	
	i	27 7.′80	±3.′52	28 17.′72	±2.′08	

Tethys-Dione 1912—1914.

1912	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Sept. 1	$13^h50^m44^s$	$13^s.46$	$+4^m.75$	259° 28.8	+ 4.1	10	5	
8	13 41 32	37.87	4.40	104 49.2	−15.8	8	5	
21	13 52 10	42.56	4.03	218 38.4	−39.8	8	5	
22	13 41 30	80.93	4.17	64 33.0	−19.4	8	5	
Okt. 1	15 34 2	22.94	4.10	247 28.2	−11.2	8	5	
19	13 10 6	31.12	4.45	55 6.6	−24.7	8	5	
Nov. 15	11 37 37	40.60	4.72	157 14.4	−66.2	8	6	
17	13 11 24	61.10	3.65	227 57.6	−28.8	8	5	
24	9 57 16	33.75	4.07	9 3.0	−07.3	8	5	
Dez. 21	9 39 50	50.12	4.55	112 3.0	−21.6	8	5	
22	10 58 20	60.40	4.48	308 46.2	−36.8	8	5	
28	11 8 20	101.28	4.02	266 14.4	−10.8	8	5	
31	11 1 43	27.24	3.95	136 9.0	−35.2	8	5	
1913								
Jan. 4	10 51 34	82.24	4.65	64 4.2	−22.5	8	5	
18	10 48 8	46.55	4.30	292 7.8	−19.8	8	5	Korr. p : + 180°.
25	10 53 52	16.5±	2.53	97 28.8	− 3.2	1	5	
Febr. 8	10 6 44	37.84	3.73	138 43.8	−39.2	8	5	
März 4	7 12 48	54.42	4.27	260 4.2	−11.1	8	5	
18	6 48 20	44.11	4.60	201 15.0	−61.9	8	5	
1913								
Aug. 26	16 16 15	8.25	5.00	239 16.8	+14.7	8	5	
Okt. 14	15 18 5	19.12	4.30	281 49.2	− 7.4	8	5	
26	13 59 8	10.68	4.80	111 16.8	+10.0	8	5	
30	13 51 14	90.64	5.58	276 30.0	−18.0	8	5	
Nov. 15	13 19 21	74.33	5.07	64 13.2	−22.2	8	5	
22	12 1 8	55.50	4.32	203 13.2	−48.4	8	5	
Dez. 7	11 16 10	27.98	4.07	293 48.0	−22.1	8	5	
14	10 34 8	12.86	3.70	232 43.2	− 7.1	8	5	
20	13 31 18	18.13	4.17	107 36.6	− 7.5	8	5	
21	13 52 46	32.92	4.50	353 1.8	−62.7	8	5	
1914								
Febr. 28	10 3 30	60.01	6.25	64 40.2	−27.2	9	5	

Die im Astr. Journal angegebene Beobachtung Tethys-Dione 1913 Jan. 28 gehört zu Tethys-Rhea.

Beobachtung — Rechnung.

1912	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C $x_1 - x_2$	O $x_1 - x_2$	$O-C$ n	y_1	y_2	C $y_1 - y_2$	O $y_1 - y_2$	$O-C$ n
Sept. 1	$19^h30^m\ 5^s$	$+44^s.52$	$+57^s.68$	$-13^s.16$	$-13^s.35$	$-0^s.19$	$-4^s.54$	$-2^s.87$	$-1^s.67$	$-1^s.69$	$-0^s.02$
8	19 21 50	−21.45	−57.48	+36.03	+36.05	+0.02	−17.30	− 5.74	−11.56	−11.59	−0.03
21	19 34 9	−43.39	−15.14	−28.25	−28.06	+0.19	− 7.33	+24.72	−32.05	−32.00	+0.05
22	19 23 37	+39.93	−34.92	+74.85	+74.77	−0.08	+10.33	−20.92	+31.25	+30.98	−0.27
Okt. 1	21 17 12	+38.64	+60.16	−21.52	−21.63	−0.11	−12.77	− 4.87	− 7.90	− 7.65	+0.25
19	18 55 2	−36.70	−62.82	+26.12	+26.35	+0.23	+14.56	− 2.23	+16.79	+16.56	−0.23
Nov. 15	17 23 56	−27.18	−41.48	+14.30	+14.53	+0.23	−17.64	+20.40	−38.04	−37.91	+0.13
17	18 57 45	+ 1.03	+47.78	−46.75	−47.05	−0.30	−21.40	+17.76	−39.16	−38.98	+0.18
24	15 43 38	−38.99	−45.25	+ 6.26	+ 6.28	+0.02	+13.93	−18.96	+32.89	+33.16	+0.27

1912	Red. mittl. Zeit Berlin	x_1	x_2	C x_1-x_2	O x_1-x_2	$O-C$ n	y_1	y_2	C y_1-y_2	O y_1-y_2	$O-C$ n
Dez. 21	$15^h25^m\ 9^s$	−17″25	−63″31	+ 46″06	+ 45″70	−0″36	−19″32	+ 1″12	−20″44	−20″57	−0″13
22	16 43 34	− 0.62	+45.38	− 46.00	− 45.80	+0.20	+20.82	−17.99	+38.81	+39.38	(+0.57)
28	16 53 5	−44.95	+56.01	−100.96	−101.25	−0.29	+ 8.74	+11.46	− 2.72	− 2.57	+0.15
31	16 46 11	+48.36	+30.40	+ 17.96	+ 18.22	+0.26	+ 2.26	+22.27	−20.01	−20.25	−0.24
1913											
Jan. 4	16 35 30	+31.54	−43.19	+ 74.73	+ 75.21	+0.48	+15.17	−18.31	+33.48	+33.27	−0.21
18	16 30 40	−44.87	− 2.70	− 42.17	− 42.46	−0.29	− 6.04	−24.81	+18.77	+19.07	+0.30
25	16 35 32	− 3.83	−19.68	+ 15.85	+ 16.26	+0.41	+19.75	+23.15	− 3.40	− 2.81	(+0.59)
Febr. 8	15 46 32	−24.32	−48.60	+ 24.28	+ 24.09	−0.19	−16.15	+13.41	−29.56	−29.18	+0.38
März 4	12 49 20	−15.01	+39.28	− 54.29	− 54.40	−0.11	+17.78	+16.51	+ 1.27	+ 1.34	+0.07
18	12 23 5	−10.90	+ 6.16	− 17.06	− 17.15	−0.09	−17.84	+22.73	−40.57	−40.64	−0.07
1913											
Aug. 26	21 53 13	+26.21	+33.83	− 7.62	− 7.44	+0.18	+16.48	+20.04	− 3.56	− 3.57	−0.01
Okt. 14	21 1 30	+41.71	+60.01	− 18.30	− 18.32	−0.02	+11.36	+ 5.86	+ 5.50	+ 5.47	−0.03
26	19 43 49	−41.70	−51.10	+ 9.40	+ 9.57	+0.17	+11.29	+16.16	− 4.87	− 4.74	+0.13
30	19 36 16	−48.40	+40.30	− 88.70	− 88.92	−0.22	− 4.58	−21.51	+16.93	+17.55	(+0.62)
Nov. 15	19 5 32	+50.04	−19.05	+ 69.09	+ 69.21	+0.12	0.00	−27.18	+27.18	+27.12	−0.06
22	17 47 37	−22.21	+ 3.11	− 25.32	− 25.29	+0.03	−20.81	+28.48	−49.29	−49.40	−0.11
Dez. 7	17 2 55	−38.84	−14.30	− 24.54	− 24.71	−0.17	−15.12	−27.97	+12.85	+13.13	+0.28
14	16 20 48	−16.93	− 5.69	− 11.24	− 10.80	+0.44	+21.41	+28.45	− 7.04	− 6.99	+0.05
20	19 17 48	−47.87	−64.46	+ 16.59	+ 16.82	+0.23	− 7.55	− 0.49	− 7.06	− 6.76	+0.30
21	19 39 14	+42.89	+44.84	− 1.95	− 2.06	−0.11	+12.42	−20.44	+32.86	+32.85	−0.01
1914											
Febr. 8	15 45 33	+45.96	− 9.79	+ 55.75	+ 55.78	+0.03	− 4.14	−26.47	+22.33	+22.12	−0.21

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $x_1 - x_2$.

1912	$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	t
Sept. 1	1.6094_n	1.6343_n	0.9538	0.8311	1.1256_n	−0″139
8	1.4196_n	1.7623_n	1.6097	1.1317	1.5569	+0.092
21	1.9095_n	1.9399_n	1.2634	1.7665_n	1.4481_n	+0.152
22	1.5424_n	1.9951_n	1.4008_n	1.6940	1.8737	−0.207
Okt. 1	1.0540_n	1.6629_n	1.4522	1.0615	1.3350_n	+0.042
19	1.4035_n	1.7536_n	1.5143_n	0.7256	1.4207	+0.025
Nov. 15	1.8760_n	1.8783_n	1.6247	1.6910_n	1.1622	+0.204
17	1.1467_n	1.9868_n	1.7002	1.6313_n	1.6726_n	−0.100
24	1.1322_n	2.0056_n	1.4999_n	1.6610	0.7983	−0.049
Dez. 21	1.4113_n	1.7641_n	1.6655	0.4381_n	1.6600	−0.322
22½	1.8026_n	1.8799_n	1.6934_n	1.6428	1.6609_n	+0.157
28½	0.4402_n	1.8987_n	1.2901_n	1.4475_n	2.0054_n	−0.194
31	1.1042_n	2.0510_n	0.8259_n	1.7365_n	1.2605	+0.056
1913						
Jan. 4	0.3304_n	1.9980_n	1.5670_n	1.6519	1.8763	+0.227
18	1.3394_n	2.0668_n	1.1905	1.7840	1.6280_n	−0.043
25½	1.7093_n	2.0133_n	1.6697_n	1.7537_n	1.2111	+0.030
Febr. 8	1.0750_n	1.8220_n	1.5877	1.5149_n	1.3818	−0.203
März 4½	0.7042	1.9481_n	1.6141_n	1.6005_n	1.7356_n	−0.231
18	1.3470_n	2.0279_n	1.6166	1.7354_n	1.2342_n	−0.027

1913		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	r
Aug.	26	0.8801_n	1.9815_n	1.5488_n	1.6531_n	0.8715_n	$-0''.048$
Okt.	14	0.8600_n	1.8141_n	1.3786_n	1.1206_n	1.2629_n	-0.107
	26	1.7147_n	1.8590_n	1.4091_n	1.5611_n	0.9810	-0.067
	30½	1.7544_n	1.9458_n	0.9491	1.6854	1.9490_n	$+0.074$
Nov.	15	1.0071_n	2.0923_n	0.0780	1.7875	1.8401	$+0.053$
	22	1.3720_n	2.1015_n	1.6542	1.8078_n	1.4029_n	$+0.104$
Dez.	7	0.8213_n	2.1035_n	1.5082	1.8003	1.3928_n	$+0.117$
	14	1.3737_n	2.1018_n	1.6766_n	1.8078_n	1.0333_n	$+0.120$
	20½	0.8312_n	1.8071_n	1.1864	0.0440	1.2259	$+0.233$
	21	1.6388_n	1.9683_n	1.4183_n	1.6643	0.3146_n	-0.154
1914							
Febr.	8	0.9659	2.0770_n	1.0198	1.7758	1.7465	$+0.040$

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen in $y_1 - y_2$.

1912		$d(e_2 \sin \pi_2)$	$d(e_2 \cos \pi_2)$	$d\epsilon_1$	$d\epsilon_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$d(\gamma \cos \theta_0)_2$	r
Sept.	1	1.6111_n	1.4317	1.2757	1.3881	0.2209_n	1.6094_n	0.7874_n	1.7147_n	0.9505	$-0''.040$
	8	1.5551_n	1.5239	0.9584_n	1.3866_n	1.0642_n	1.2189	1.5826_n	1.6637	1.4332_n	-0.125
	21	1.4104_n	1.0266	1.2030_n	0.8065_n	1.5052	1.5683	1.3270_n	1.4722	1.0621	-0.078
	22	1.3208_n	1.4705	1.2278	1.1696_n	1.4910	1.5191_n	1.4337	1.2017	1.7200_n	-0.035
Okt.	1	1.6501_n	1.3925	1.2127	1.4050	0.8835_n	1.5856	1.3024_n	1.7401_n	0.8906	$+0.161$
	10	1.6398_n	1.4743	1.1881_n	1.4215_n	1.2101	1.5859	1.3500	1.7168	1.3741_n	-0.183
Nov.	15	1.5980_n	0.7653	1.0528	1.2364_n	1.5788_n	1.1528	1.0368_n	1.7043	1.4060	$+0.023$
	17	1.4881_n	1.4870	0.0328	1.2974	1.5069_n	1.1009_n	1.0419_n	1.4430_n	1.7104	-0.001
	24	1.4762_n	1.4686	1.2078_n	1.2724_n	1.5206	1.6226	1.2380	1.3021	1.7257_n	$+0.242$
Dez.	21	1.6873_n	1.2537	0.8490_n	1.4138_n	1.3132_n	0.1131	1.6536_n	1.7417_n	1.2373_n	-0.210
	22	1.6152_n	0.3445	0.4028_n	1.2691	1.5053	1.1799	1.6276	1.7207_n	1.3734_n	$(+0.542)$
	28½	1.5979_n	1.4098	1.2043_n	1.3599	0.4102_n	1.6496	0.4661_n	1.5944_n	1.6181	-0.062
	31	1.4137_n	1.3220	1.2056	1.0941	1.3065_n	1.5947_n	1.3210	0.9532_n	1.7501	-0.070
1913											
Jan.	4	1.4950_n	1.3896	1.1097	1.2463_n	1.5220	1.1757_n	1.6201	1.3580	1.7165_n	$+0.018$
	18	1.3683_n	0.9371	1.2025_n	0.0413_n	1.2894	1.5072	1.4034_n	1.2441_n	1.7221_n	$+0.035$
	25	1.4498_n	9.8656	0.1045_n	0.9049_n	0.4485_n	1.3176	1.5733	1.5521	1.6193	$(+0.735)$
Febr.	8	1.6230_n	9.7028	0.9084_n	1.2990_n	1.4682_n	0.5516	1.6185_n	1.7195	1.0160	$+0.295$
März	4	1.4829_n	1.3053	0.7037_n	1.2115	0.1258	1.5034	1.3787	1.2137_n	1.6834	$+0.030$
	18	1.3366_n	0.9277	0.6585_n	0.4106	1.6090_n	1.1668_n	1.5561_n	1.2638	1.6647	-0.140
1913											
Aug.	26	1.4409_n	1.3694	1.0073	1.1781	0.5525_n	1.4021	1.3855	1.3204	1.6614	$+0.132$
Okt.	14	1.6909_n	1.3355	1.2077	1.4258	0.7382	1.4332	1.5246	1.0222_n	1.7328	$+0.077$
	26	1.6825_n	9.4236	1.2673_n	1.3550_n	0.6755_n	1.1860	1.6137_n	1.6800	1.4696_n	-0.030
	30	1.6196_n	0.4229_n	1.3320_n	1.2525	1.2443	1.2102_n	1.6114_n	1.7325_n	1.2174	$(+0.191)$
Nov.	15	1.4522_n	1.1730	1.3401_n	0.9268_n	1.4333	0.6815	1.6418	1.6455_n	1.5663_n	$+0.032$
	22	1.4421_n	0.8613	0.9932	0.1400	1.6038_n	1.6447_n	0.6015_n	1.7170	1.3910	$+0.066$
Dez.	7	1.4577_n	1.0394	1.2356	0.8017_n	1.1182	1.5731_n	1.4056_n	1.0754_n	1.5266_n	0.000
	14	1.4602_n	0.1915	0.8750_n	0.4013_n	0.8443_n	1.5666	1.4293_n	1.7414	1.2418	-0.008
	20½	1.7528_n	0.8728	1.3262_n	1.4555_n	0.8302_n	1.4155_n	1.5658_n	1.3293	1.7302_n	$+0.134$
	21	1.6407_n	0.9594_n	1.2786	1.2979	1.5166	1.5317	1.4706	1.7299_n	1.3253	-0.076
1914											
Febr.	8	1.4395_n	0.6418	1.3093	0.6379_n	1.3447	0.9431	1.6162	1.6668_n	1.4380_n	-0.132

Normalgleichungen.

	$-d(e_2 \sin \pi_2)$	$-d(e_2 \cos \pi_2)$	de_1	$-de_2$	$\frac{da}{a}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_1$	$d(\gamma \cos \theta_0)_1$	$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$	$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$	n
$-d(e_2 \sin \pi_2)$	6.742	+4.808	−0.417	+1.027	+0.494	−0.454	+0.560	−0.618	−0.175	−0.540
$-d(e_2 \cos \pi_2)$		24.461	−0.260	+0.275	−0.674	+0.062	+0.015	+0.176	+0.001	−0.847
de_1			3.495	−0.155	−0.013	−0.367	+0.795	−0.857	+0.214	−1.414
$-de_2$				6.272	+1.362	−0.193	+0.380	−1.171	+1.161	−0.663
$\frac{da}{a}$					6.027	+0.438	+1.429	−1.042	−1.605	+0.701
$d(\gamma \sin \theta_0)_1$						2.278	+0.271	+0.736	+0.168	+0.241
$d(\gamma \cos \theta_0)_1$							2.638	−1.282	−0.300	−0.850
$-d(\gamma \sin \theta_0)_2$								4.179	−0.203	−0.150
$-d(\gamma \cos \theta_0)_2$									3.893	−0.031

Auflösung Tethys-Dione 1912—1914.

Korrektionen:

	Tethys	Dione
$\log d(e \sin \pi)$	—	6.7743
$\log d(e \cos \pi)$	—	6.2099
$\log de$	7.5875″	7.3008
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.9631	7.4091
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	7.6194″	7.0850″
$\log \frac{da}{a}$	7.3866	

Mittlere Epoche 1913.278.

	Tethys	w. F.	Dione	w. F.
$d(e \sin \pi)$	—	—	+0.00059	±0.00043
$d(e \cos \pi)$	—	—	+0.00016	±0.00022
de	−13.30	±1.90	+6.87	±1.53
$d(\gamma \sin \theta_0)$	+3.16	±2.48	+8.82	±1.97
$d(\gamma \cos \theta_0)$	−14.31	±2.53	−4.18	±1.98

(nn)	2.253
$(vv)_x$	0.570
$(vv)_y$	0.365
(vv)	0.935

Epoche von π, θ 1913 Jan. 0.0

Anzahl der Gl. 60
Summe der Gew. 53
w. F. einer Gl. ±0″.099

$\frac{da}{a}$	+0.00244	±0.00049

Korrigierte Elemente:

1913 April 0.0	l	270° 8.3	±2.0	77° 49.7	±1.5
	a	—	—	54″.676	±0″.027
	e	0.00258			
Ep. 1913.278	π	68°.6			
Ep. 1913.282	Ω	168° 45.95	±5.14	168° 35.69	±4.20
	i	29 5.79	±2.50	28 9.38	±1.98

Beobachtungen von Enceladus 1910—1911.

1910		An-schluß an	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. δp	Zahl der Einst. in s	p	Bemerkungen
Juli	17	Rh	$15^h 31^m 50^s$	29″.62	+4m.57	138° 25.2	−26.8	8	5	Unter Mi-Rh veröffentlicht.
	26	Te	15 41 44	27.41	4.63	100 20.4	−15.9	8	5	
Aug.	9	Di	15 42 58	30.99	4.38	52 35.4	−42.8	8	5	Unter Mi-En veröffentlicht.
	16	Te	14 8 5	6.26	4.82	221 0.6	−69.7	8	5	
Sept.	10	Rh	14 2 53	63.86	5.95	94 54.6	−4.0	8	5	Unter Mi-Rh veröffentlicht.
	25	Te	13 13 5	14.64	4.62	101 54.6	−10.8	8	5	
Okt.	7	Rh	13 26 18	63.23	6.10	81 38.4	−6.1	8	5	
	9	Di	12 57 15	24.74	5.22	279 46.2	+0.4	8	5	
	16	Di	11 7 14	74.01	5.62	107 53.4	−24.1	9	5	
	23	Te	10 52 42	60.00	6.33	106 1.8	−29.5	10	5	Korr. p: +1°.

1910		An-schluß an	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Okt.	23	Di	11h 3m 0s	20s.32	4m.15	283° 8'.4	+ 4'.5	8	5	
	30	Te	10 42 19	12.53	5.12	280 1.8	− 0.6	8	6	
Nov.	1	Di	11 31 14	48.25	5.13	245 1.8	−34.0	8	5	
	11	Di	11 43 44	25.74	4.32	275 46.2	+ 1.5	8	5	
	24	Te	9 50 33	0.46	4.07	256 28.8	−10.3	8	5	
	29	Te	10 9 3	4.43	4.05	311 30.6	−27.5	8	5	
1911										
Jan.	3	Te	10 33 22	7.40	4.23	112 50.4	−14.2	8	5	
	8	Te	9 39 11	13.02	+5.17	273 40.8	− 3.1	8	5	

Enceladus-A 1910—1911.

Beobachtung — Rechnung.

1910		An-schluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_1	C $x-x_1$	O $x-x_1$	$O-C$ n	y	y_1	C $y-y_1$	O $y-y_1$	$O-C$ n
Juli	17	Rh	21h 7m19s	−31s.94	−52s.07	+20s.13	+19s.96	−0s.17	− 4s.33	+17s.43	−21s.76	−21s.89	−0s.13
	26	Te	21 18 26	+22.40	− 4.56	+26.96	+27.01	+0.05	+ 8.57	+13.12	− 4.55	− 4.67	−0.12
Aug.	9	Di	21 21 35	−22.87	−47.33	+24.46	+24.30	−0.16	+ 8.88	−10.29	+19.17	+19.23	+0.06
	16	Te	19 47 38	−32.16	−28.13	− 4.03	− 3.99	+0.04	+ 5.68	+10.42	− 4.74	− 4.82	−0.08
Sept.	10	Rh	19 45 25	−19.96	−83.53	+63.57	+63.66	+0.09	−10.06	− 4.43	− 5.63	− 5.10	+0.53
	25	Te	18 56 57	−33.38	−47.59	+14.21	+14.35	+0.14	− 6.19	− 3.21	− 2.98	− 2.89	+0.09
Okt.	7	Rh	19 10 55	−24.55	−87.44	+62.89	+62.47	−0.42	+ 9.30	− 0.66	+ 9.96	+ 9.79	−0.17
	9	Di	18 41 58	+12.25	+36.72	−24.47	−24.41	+0.06	−11.13	−15.08	+ 3.95	+ 4.00	+0.05
	16	Di	16 52 11	+24.26	−46.44	+70.70	+70.79	+0.09	− 9.18	+12.55	−21.73	−21.59	+0.14
	23	Te	16 37 46	+38.28	−19.64	+57.92	+57.97	+0.05	− 2.94	+12.33	−15.27	−15.47	−0.20
	23	Di	16 48 4	+38.59	+58.39	−19.80	−19.83	−0.03	− 2.57	− 6.81	+ 4.24	+ 4.44	+0.20
	30	Te	16 27 22	+36.43	+48.80	−12.37	−12.37	0.00	+ 4.51	+ 2.40	+ 2.11	+ 2.02	−0.09
Nov.	1	Di	17 16 16	−38.13	+ 4.91	−43.04	−43.29	−0.25	− 3.35	+18.02	−21.37	−21.31	+0.06
	11	Di	17 28 30	+23.99	+49.64	−25.65	−25.64	+0.01	− 8.84	−10.80	+ 1.96	+ 2.25	+0.29
	24	Te	15 34 35	− 9.38	+ 0.15	− 9.53	− 9.16	+0.37	+10.59	+12.83	− 2.24	− 2.38	−0.14
	29	Te	15 53 2	+36.59	+40.01	− 3.42	− 3.38	+0.04	− 3.55	− 6.59	+ 3.04	+ 2.86	−0.18
1911													
Jan.	3	Te	16 13 8	−37.08	−43.95	+ 6.87	+ 6.88	+0.01	− 0.17	+ 2.75	− 2.92	− 2.72	+0.20
	8	Te	15 18 18	+25.78	+39.11	−13.33	−13.01	+0.32	+ 7.05	+ 6.31	+ 0.74	+ 0.59	−0.15

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s \sin (p - P)$ in $y = s \cos (p - P)$.

1910		dc	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	r	dc	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	r
Juli	17	1.4478_n	1.1468	1.3001	−0s.186	1.2954	0.9944_n	1.3402_n	−0s.120
	26	1.6124_n	1.4403_n	1.4315	−0.033	1.2108	0.8427	0.6690_n	−0.092
Aug.	9	1.1653_n	1.4544_n	1.3857	−0.209	1.0326	0.8534_n	1.2839	+0.068
	16	1.0661_n	1.2599_n	0.6013_n	+0.003	1.1568	1.0015_n	0.6831_n	−0.074
Sept.	10½	1.7543_n	1.5143	1.8038	+0.068	1.1657	0.7886_n	0.7074_n	+0.535
	25	1.6866_n	1.3101	1.1569	+0.103	1.2484	1.0050_n	0.4606_n	+0.100
Okt.	7½	1.5938_n	1.4939_n	1.7957	−0.501	0.7310	0.8646_n	0.9908	−0.170
	9	1.7236_n	1.5734	1.3876_n	+0.031	0.6936	0.5612	0.6025	+0.060

1910		dc	de	$\frac{da}{a}$	v	dc	de	$\frac{da}{a}$	v
Okt.	16	1.6283$_n$	1.4941	1.8500	+0.0086	0.6300	0.8535	1.3343$_n$	+0.151
	23	1.4940$_n$	1.0043	1.7032	+0.033	0.9535	1.6468	1.1896$_n$	−0.177
	28	1.4957$_n$	0.9458	1.2973$_n$	−0.064	0.9699	1.0503	0.6474	+0.227
	30	1.6734$_n$	1.1950$_n$	1.0923$_n$	−0.083	1.1306	1.0204	0.3046	−0.059
Nov	1	1.6401$_n$	1.0677	1.6304$_n$	−0.302	1.1118	1.0388$_n$	1.3287$_n$	+0.060
	11	1.7127$_n$	1.4954	1.4089$_n$	−0.025	0.0153	0.8309	0.3531	+0.299
	24	1.8459$_n$	1.5815$_n$	0.9617$_n$	+0.230	0.0347	0.4156$_n$	0.3705$_n$	−0.142
	29	1.5814$_n$	1.1087	0.5288$_n$	+0.005	0.3545	1.0043	0.4571	−0.164
1911									
Jan.	3	1.5691$_n$	9.8038	0.8377	−0.037	0.0787	1.0045$_n$	0.4347$_n$	+0.189
	8	1.7406$_n$	1.4117$_n$	1.1142$_n$	+0.214	0.7250	0.8477	9.7713	−0.135

Normalgleichungen.

	de	de	$\frac{da}{a}$	n
de	3.528	−0.280	−0.624	−0.421
de		1.156	+0.173	−0.107
$\frac{da}{a}$			2.250	+0.017

Auflösung Enceladus 1910—1911.

Mittlere Epoche 1910.782.

Korrektionen:

		Enceladus	w. F.
$\log de$	7.1218$_n$	de	−0.00132 ±0.00064
$\log de$	7.0853$_n$	de	−4.18 ±3.75
$\log \frac{da}{a}$	6.2954$_n$	$\frac{da}{a}$	−0.00020 ±0.00079

(nn)	1.008
$(vv)_x$	0.433
$(vv)_y$	0.507
(vv)	0.940

Korrigierte Elemente:

1910 Nov. 0.0	l	235° 23.0	±3.8
	a	34.394	±0.0027
	e	0.00328	±0.00064

Anzahl der Gl. 36
Summe der Gew. 34.5
w. F. einer Gl. ±0.116

Beobachtungen von Enceladus 1911—1912.

1911	Anschluß an	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Aug. 15	Te	16^{h}20^{m}11^s	12.95	+3^{m}47	121° 24.6	−28.6	8	5	
29	Di	15 15 38	20.49	5.82	244 3.6	− 5.3	8	5	
Sept. 1	Rh	15 8 8	28.46	2.50	198 21.0	−19.0	2	5	Unter Di.-En. veröffentlicht.
3	Di	15 28 20	24.70	3.73	238 37.2	−15.7	8	5	
19	Rh	15 47 35	41.23	4.20	183 41.4	−59.4	8	5	
Okt. 27	Rh	13 21 35	48.40	4.13	24 57.0	−52.9	8	5	
29	Di	11 16 48	51.58	5.05	111 54.6	−25.5	8	5	Unter Mi.-Di. veröffentlicht.
Dez. 19	Di	8 22 32	43.01	5.30	242 40.2	−31.0	8	5	
1912									
Jan. 30	Di	7 21 22	13.40	3.73	136 4.2	− 8.8	8	5	
Febr. 19	Rh	6 59 11	32.30	3.53	246 13.2	+ 3.1	8	5	
März 9	Rh	7 7 34	60.66	3.83	122 55.2	−23.4	8	5	

Enceladus-A 1911—1912.

Beobachtung — Rechnung.

1911		Anschluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_1	C $x-x_1$	O $x-x_1$	$O-C$ n	y	y_1	C $y-y_1$	O $y-y_1$	$O-C$ n
Aug.	15	Te	$21^h\,58^m\,26^s$	+29.″23	+18.″37	+10.″86	+10.″04	+0.″08	+ 7.″90	+14.″07	− 6.″71	− 6.″94	− 0.″23
	29	Di	20 55 40	− 8.22	+10.34	−18.56	−18.64	−0.08	+13.04	+21.89	− 8.25	− 8.51	− 0.26
Sept.	1	Rh	20 48 41	−30.78	−27.09	− 0.69	− 0.51	+0.18	+ 2.49	+20.17	−20.08	−26.82	− 0.14
	3	Di	21 9 8	+34.68	+56.17	−21.49	−21.36	+0.13	− 5.29	+ 7.14	−12.43	−12.41	+ 0.02
	19	Rh	21 30 19	−20.55	−23.07	− 2.88	− 2.99	−0.11	−10.54	+30.40	−40.94	−41.12	− 0.18
Okt.	27	Rh	19 7 11	−11.43	−32.23	+20.80	+20.94	−0.10	+14.00	−20.74	+43.74	+43.78	+ 0.04
	29	Di	17 2 28	−14.20	−61.45	+47.25	+47.33	+0.08	−13.77	+ 6.13	−19.90	−19.74	+ 0.16
Dez.	19	Di	14 0 22	+19.60	+57.85	−38.16	−38.27	−0.11	−11.91	+ 7.04	−18.55	−19.03	− 0.08
1912													
Jan.	30	Di	13 0 4	−34.85	−44.09	+ 9.24	+ 9.22	−0.02	+ 3.55	+13.14	− 9.59	− 9.73	− 0.14
Febr.	19	Rh	12 35 10	+34.38	+63.78	−29.40	−29.73	−0.33	+ 2.65	+15.54	−12.89	−12.62	+ 0.27
März	9	Rh	12 41 10	+27.69	−23.17	+50.86	+50.61	−0.25	− 7.34	+25.91	−33.25	−33.44	− 0.19

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s\sin(p-P)$. in $y = s\cos(p-P)$.

1911		de	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	r	de	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	r
Aug.	15	1.2041_n	1.3232_n	1.0388	+0.″060	1.1438_n	1.0433	0.8412_n	−0.″246
	29	1.6639_n	1.5571_n	1.2704_n	−0.086	1.1435_n	0.4924_n	0.9299_n	−0.204
Sept.	1	1.4157_n	0.8190_n	0.9783_n	+0.165	1.3960_n	1.1431_n	1.4285_n	−0.124
	3	1.5235_n	1.1460	1.3296_n	+0.107	1.3973_n	1.1175	1.0930_n	−0.005
	19	0.9157_n	1.4478_n	0.4755_n	−0.137	1.2075_n	0.9993_n	1.6141_n	−0.130
Okt.	27	1.3940_n	1.5826_n	1.3147	−0.102	1.2110_n	0.6214_n	1.0413	−0.040
	29	0.1360	1.5704	1.6751	−0.015	1.1896_n	0.7151_n	1.2954_n	+0.172
Dez.	19	0.5717_n	1.5366	1.5828_n	−0.086	1.1984_n	0.8393	1.2930_n	−0.077
1912									
Jan.	30	0.0215	1.0038_n	0.9645	−0.014	1.3128_n	1.0886_n	0.9880_n	−0.143
Febr.	19	1.4061	0.8694_n	1.4733_n	−0.240	1.3487_n	1.0898	1.1009_n	+0.250
März	9	1.1547	1.3032	1.7043	−0.318	1.1170_n	1.0051	1.5242_n	−0.168

Normalgleichungen.

	de	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	n
de	0.921	+0.209	+0.368	−0.051
$d\epsilon$		0.835	+0.076	+0.046
$\frac{da}{a}$			1.500	+0.171

Auflösung Enceladus 1911—1912.

Mittlere Epoche 1911.853.

Korrektionen:

$\log de$ 7.1112_n

$\log d\epsilon$ 6.8744

$\log \frac{da}{a}$ 7.1501

	Enceladus	w. F.
de	−0.00129	±0.00135
$d\epsilon$	+2.″57	±4.″63
$\frac{da}{a}$	+0.00141	±0.00103

Korrigierte Elemente:

1911 Dez. 0.0	l	335° 4.′6	±4.′6
	a	34.″450	±0.″035
	ϵ	0.00331	±0.00135

(nn)	0.015
$(\varepsilon r)_x$	0.276
$(\epsilon\varepsilon)_y$	0.305
$(\varepsilon\varepsilon)$	0.581

Anzahl der Gl. 22

Summe der Gew. 21.6

w. F. einer Gl. ±0.″120

Beobachtungen von Enceladus 1912—1913.

1912		Anschluß an	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ϑp	Zahl der Einst. in s	Zahl der Einst. in p	Bemerkungen
Aug.	20	Rh	$15^h 23^m 46^s$	65.″34	$+6^m.37$	78° 40.′2	− 9.′4	8	5	
Sept.	8	Di	13 33 28	27.86	4.27	94 34.8	− 3.0	8	5	
	21	Di	13 59 30	49.10	3.52	105 2.4	−13.7	8	5	
	22	Di	13 50 37	52.57	3.92	79 41.4	−11.3	8	5	
Okt.	1	Te	15 42 58	78.22	4.57	280 6.6	−21.8	8	5	
	12	Rh	15 15 20	30.20	5.33	143 9.0	−11.1	8	5	
	15	Te	16 24 32	36.26	4.60	159 4.2	−90.4	8	5	
	19	Di	13 0 43	23.60	4.48	86 2.4	+ 6.9	8	5	
	29	Te	11 48 11	35.28	3.27	86 57.0	−11.9	2	5	
	29	Te	13 11 54	37.00	4.75	80 41.4	−17.8	8	5	
Nov.	16	Te	10 1 58	30.00	3.72	183 3.0	−81.4	8	5	
	17	Te	13 18 24	16.84	3.27	287 41.4	−11.6	8	5	
	24	Di	10 22 14	34.44	6.23	81 58.2	− 7.6	8	5	
Dez.	8	Rh	11 46 40	46.86	4.57	276 54.6	+ 5.8	8	5	
	21	Di	9 50 4	31.44	5.27	71 47.4	− 9.5	10	5	
	28	Te	11 18 8	16.96	4.15	147 37.2	−66.5	9	5	
	31	Te	10 38 18	56.00	4.40	259 20.4	−24.0	8	5	
1913										
Jan.	12	Rh	11 13 40	35.89	7.17	333 19.2	−58.0	7	5	
	18	Di	10 39 9	32.60	4.28	63 38.4	−16.6	8	5	Unter En-Te veröffentlicht.
	28	Rh	7 19 34	30.51	3.55	148 46.8	−17.5	8	5	Unter En-Di veröffentlicht.
Febr.	1	Rh	9 35 54	31.03	5.07	233 42.0	+ 5.9	8	5	
	4	Di	6 5 30	33.61	4.17	324 3.0	−53.7	8	5	
	8	Di	9 59 8	65.91	4.18	87 50.4	−11.7	8	5	
	9	Rh	9 42 36	35.66	4.52	287 43.8	+ 8.6	8	5	
März	4	Te	7 1 32	30.47	4.88	210 26.4	−80.7	8	5	

Enceladus-A 1912—1913.

Beobachtung — Rechnung.

1912		Anschluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_A	C $x - x_A$	O $x - x_A$	$O-C$ n	y	y_A	C $y - y_A$	O $y - y_A$	$O-C$ n
Aug.	20	Rh	$21^h 1^m 28^s$	+ 9.″43	−55.″23	+64.″66	+64.″66	0.″00	−14.″71	−23.″78	+ 9.″07	+ 9.″42	+0.″35
Sept.	8	Di	19 13 46	−29.69	−57.60	+27.91	+27.60	−0.31	− 9.40	− 5.50	− 3.90	− 3.78	+0.12
	21	Di	19 41 35	+30.66	−16.00	+46.66	+46.73	+0.07	+ 9.63	+24.62	−14.99	−15.26	−0.27
	22	Di	19 32 44	+18.24	−34.06	+52.30	+52.15	−0.15	−14.21	−21.17	+ 6.96	+ 6.62	−0.34
Okt.	1	Te	21 26 8	−36.93	+39.13	−76.06	−76.22	−0.16	+ 4.64	−12.51	+17.15	+17.58	+0.43
	12	Rh	20 59 40	−38.46	−55.41	+16.95	+16.82	−0.13	+ 3.12	+28.30	−25.18	−25.08	+0.10
	15	Te	22 9 8	−13.00	−25.08	+12.08	+11.96	−0.12	−15.66	+18.45	−34.11	−34.23	−0.12
	19	Di	18 45 39	−39.40	−62.89	+23.49	+23.00	+0.11	− 1.24	− 1.92	+ 0.68	+ 0.29	−0.39
	29	Te	17 33 49	+ 6.76	−28.43	+35.19	+35.28	(+0.09)	−16.55	−17.11	+ 0.56	+ 0.11	(−0.45)
	29	Te	18 57 32	+16.94	−20.07	+37.01	+36.76	−0.25	−15.24	−19.25	+ 4.01	+ 4.22	+0.21
Nov.	16	Te	15 48 18	+26.66	+28.69	− 2.03	− 2.40	−0.37	−12.71	+17.21	−29.92	−29.90	+0.02
	17	Te	19 4 45	−14.04	+ 1.70	−15.74	−15.79	−0.05	−15.73	−21.40	+ 5.67	+ 5.86	+0.19
	24	Di	16 8 36	− 8.89	−43.25	+34.36	+34.29	−0.07	−16.32	−19.73	+ 3.41	+ 3.21	−0.20
Dez.	8	Rh	17 32 43	+40.10	+86.21	−46.11	−46.19	−0.08	− 2.34	− 9.85	+ 7.51	+ 7.87	+0.36
	21	Di	15 35 23	−33.12	−63.34	+30.22	+30.25	+0.03	+ 9.06	+ 0.62	+ 8.44	+ 8.57	+0.13
	28	Te	17 2 53	−36.49	−45.33	+ 8.84	+ 8.74	−0.10	− 6.08	+ 8.36	−14.44	−14.54	−0.10
	31	Te	16 22 46	− 4.30	+48.65	−52.95	−53.38	−0.43	−15.96	+ 1.09	−17.05	−16.93	+0.12

1913		An-schluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_A	C $x-x_A$	O $x-x_A$	$O-C$ n	y	y_A	C $y-y_A$	O $y-y_A$	$O-C$ n
Jan.	12	Rh	$10^h56^m54^s$	$-38''.55$	$-23''.42$	$-15''.13$	$-15''.30$	$-0''.17$	$-0''.89$	$-33''.22$	$+32''.33$	$+32''.46$	$-0''.07$
	18	Di	16 21 41	+26.39	− 3.38	+29.77	+29.72	−0.05	−11.35	−24.79	+13.44	+13.39	−0.05
	28	Rh	13 0 51	+34.60	+19.65	+14.95	+14.86	−0.09	+ 0.27	+32.76	−20.49	−20.05	−0.10
Febr.	1	Rh	15 16 39	+35.38	+60.94	−25.56	−25.78	−0.22	+ 5.17	+22.50	−17.33	−17.27	+0.06
	4	Di	11 45 52	+24.48	+43.63	−19.15	−19.02	+0.13	+11.56	−16.23	+27.79	+27.71	−0.08
	8	Di	13 38 50	+17.20	−48.29	+65.49	+65.91	+0.42	+13.46	+13.59	− 0.13	− 0.04	+0.09
	9	Rh	15 22 16	+29.33	+62.83	−33.50	−33.45	+0.05	− 9.16	−21.39	+12.23	+12.35	+0.12
März	4	Te	12 38 4	−29.27	−13.81	−15.46	−15.97	−0.51	− 8.11	+17.95	−26.06	−25.95	+0.11

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s \sin(p-P)$ in $y = s \cos(p-P)$.

1912		dr	de	$\frac{da}{a}$	v	dr	de	$\frac{da}{a}$	v
Aug.	29	1.8063	1.5408	1.8106	+0".052	0.0125n	0.6014	0.9740	+0".342
Sept.	8	1.7219	1.3400	1.4409	−0.236	1.0884n	1.0997$_n$	0.5776$_n$	+0.071
	21	1.7294	1.3572$_n$	1.6696	−0.051	1.0336n	1.1131	1.1835$_n$	−0.204
	22	1.8177	1.5200	1.7173	−0.075	0.6656	0.8876	0.8206	−0.322
Okt.	1	1.6132	1.0408$_n$	1.8821$_n$	+0.005	0.4500	1.1931$_n$	1.2451	+0.342
	12	1.6097	0.8691$_n$	1.2258	−0.149	0.5795	1.2094$_n$	1.3994$_n$	+0.101
	15	1.8082	1.5708	1.0779	+0.061	0.6373$_n$	0.7381$_n$	1.5344$_n$	−0.071
	19	1.5959	0.4703	1.3729	+0.111	0.0180	1.2189$_n$	9.4599	−0.447
	29	1.8089	1.5960	1.5475	(+0.237)	0.7354	0.4516	9.0527	(−0.434)
	29	1.8732	1.5611	1.5654	−0.122	0.9611	0.8507	0.6248	+0.235
Nov.	16	1.8250	1.4858	0.3796$_n$	−0.190	1.1034	1.0442	1.4757$_n$	+0.137
	17	1.8397	1.5786	1.1983$_n$	+0.187	7.8083$_n$	0.7654$_n$	0.7681	+0.158
	24	1.8546	1.5900	1.5352	+0.069	0.3737	0.5659$_n$	0.5069	−0.218
Dez.	8	1.5998	0.7541	1.0646$_n$	+0.078	1.2081	1.2174	0.8958	+0.417
	21	1.7339	1.3448$_n$	1.4807	−0.055	1.3099	1.1324$_n$	0.9332	+0.086
	28	1.4893	1.1723	0.9413	−0.035	1.0641	1.1736$_n$	1.1625$_n$	−0.110
	31	1.7912	1.5918	1.7274$_n$	−0.118	0.8903	0.2449$_n$	1.2286$_n$	+0.157
1913									
Jan.	12	1.4022	0.2301	1.1848$_n$	−0.102	1.2822	1.1960$_n$	1.5114	−0.173
	18	1.7534	1.4445	1.4731	+0.044	1.3230	1.0321	1.1268	−0.018
	28	1.3334	1.1860$_n$	1.1719	−0.153	1.2002	1.1502	1.4257$_n$	−0.038
Febr.	1	1.3105	1.1016$_n$	1.4112$_n$	−0.189	1.2435	1.1602	1.2374$_n$	+0.164
	4	1.4260	1.4512$_n$	1.2792$_n$	+0.100	1.0313	1.0006	1.4426	−0.092
	8	1.5151	1.5167$_n$	1.8190	+0.202	0.9830	0.8480	8.6049$_n$	+0.124
	9	1.6697	1.3493	1.5244$_n$	+0.247	1.3075	1.0798	1.0917	+0.160
März	4	1.1134	1.2918	1.2034$_n$	−0.394	1.2144	1.0837$_n$	1.4141$_n$	+0.139

Normalgleichungen.

	de	de	$\frac{da}{a}$	n
de	6.656	+1.972	+1.281	−1.112
de		1.970	+0.202	−0.849
$\frac{da}{a}$			4.142	+0.666

Auflösung Enceladus 1912—1913.

Mittlere Epoche 1912.915.

Korrektionen:		Enceladus	w. F.
$\log de$	7.0182$_n$	de	-0.00104	± 0.00062
$\log d\epsilon$	7.5422$_n$	$d\epsilon$	$-11!98$	$\pm 3!78$
$\log \frac{da}{a}$	7.3222	$\frac{da}{a}$	$+0.00210$	± 0.00066

(nn)	2.201
$(vv)_\varepsilon$	0.558
$(\varepsilon\varepsilon)_y$	1.091
(vv)	1.649

Korrigierte Elemente.

1912 Dez. 0.0	l	14° 43!8	$\pm 3!8$
	a	34.″473	$\pm 0.″023$
	e	0.00356	± 0.00062

Anzahl der Gl. 50
Summe der Gew. 48
w. F. einer Gl. $\pm 0.″129$

Beobachtungen von Enceladus 1913—1914.

1913		An-schluß an	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	p	Bemerkungen
Sept.	27	Di	13^{h}48^m 0^s	10.″72	+4^{m}22	331°47!4	+28!2	8	5	
Okt.	11	Rh	14 2 55	39.30	5.50	315 42.0	−24.5	9	5	
	14	Di	15 28 49	05.76	4.70	274 29.4	−15.4	5	5	Korr. p: + 2°. Veröff. unter En-Te.
	30	Di	13 26 54	13.70	5.32	318 8.4	+13.2	8	5	
Nov.	11[1]	Te	11 28 23	00.82	4.90	275 15.6	−21.8	8	5	
	16	Te	13 8 0	44.60	3.25	57 57.6	−24.2	1	5	
	22	Te	12 37 59	8.47	3.78	320 54.0	−13.4	8	5	
	23	Di	12 52 54	34.43	4.77	21 55.2	−01.8	8	5	
Dez.	7	Te	11 46 22	7.39	5.07	359 48.6	−40.0	8	5	Veröffentlicht unter En-Di.
	13	Di	11 31 48	18.93	4.23	296 25.8	+ 3.5	8	5	
	14	Di	10 25 40	40.83	4.48	201 0.0	−03.8	9	5	
	16	Di	9 40 42	32.12	4.57	289 11.4	−14.5	8	5	
	21	Te	13 42 43	31.46	5.38	211 57.0	−77.0	8	5	Korr. p: + 180°.
1914										
Jan.	24	Di	10 47 25	48.55	5.70	217 42.0	−01.8	8	5	
Febr.	8	Rh	9 41 16	49.01	4.07	111 27.6	+ 0.9	8	5	

Enceladus-A 1913—1914.

Beobachtung — Rechnung.

1913		An-schluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_A	C $x-x_A$	O $x-x_A$	$O-C$ u	y	y_A	C $y-y_A$	O $y-y_A$	$O-C$ u
Sept.	27	Di	19^{h}29^{m}18^s	+14.″43	+18.″20	− 3.″77	− 4.″15	−0.″38	−15.″40	−25.″33	+ 9.″93	+ 9.″88	−0.″05
Okt.	11	Rh	19 45 58	+37.39	+62.04	−24.65	−25.17	−0.52	+ 4.29	−26.40	+30.69	+30.20	−0.43
	14	Di	21 12 14	− 5.48	+59.75	−65.23	−64.92	+0.31	+17.16	+ 6.40	+10.76	+10.48	−0.28
	30	Di	19 11 56	+30.61	+38.54	− 7.93	− 8.20	−0.27	−11.14	−22.13	+10.99	+10.97	−0.02
Nov.	11	Te	17 14 20	−34.13	+25.41	−59.54	−59.95	−0.41	− 0.48	−19.30	+ 9.82	+10.23	+0.41
	16	Te	18 54 14	−10.53	−49.02	+39.09	+39.49	+0.40	+17.41	− 3.63	+21.04	+20.73	−0.31
	12	Te	18 24 28	−22.77	−18.43	− 4.34	− 4.81	−0.47	−14.87	−21.53	+ 6.66	+ 6.97	+0.31
	23	Di	18 30 25	−32.04	−46.75	+14.71	+14.86	+0.15	+11.21	−19.73	+30.94	+31.06	+0.12

[1] Eine Beobachtung, die sich im A. J. unter Dione-Enceladus 1913 Nov. 15 findet, war überhaupt nicht zu verifizieren, soweit die inneren Trabanten in Betracht kommen.

1913		An-schluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_1	C $x-x_1$	O $x-x_1$	$O-C$	y	y_1	C $y-y_1$	O $y-y_1$	$O-C$
								$''$					$''$
Dez.	7	Te	$17^h 33^m 7^s$	$-35''.77$	$-36''.59$	$+0''.82$	$+0''.48$	$0''.34$	$-8''.70$	$-16''.24$	$+7''.54$	$+7''.37$	$-0''.17$
	13	Di	17 18 29	$+38.96$	$+55.02$	-16.06	-16.23	-0.17	-3.01	-14.95	$+9.94$	$+9.75$	-0.19
	14	Di	16 12 20	-24.04	-19.03	-19.45	-0.42	-14.53	$+28.48$	-43.01	-42.60	$+0.41$	
	16	Di	15 27 19	$+34.38$	$+63.99$	-29.61	-29.47	$+0.14$	$+3.01$	-3.37	$+12.98$	$+12.77$	-0.21
	21	Te	19 29 11	$+25.92$	$+43.56$	-17.64	-18.09	-0.45	-14.73	$+11.91$	-25.64	-25.74	-0.10
1914													
Jan.	24	Di	16 31 15	-33.15	-2.07	-31.08	-31.70	-0.62	-0.22	$+27.38$	-36.60	-36.72	-0.12
Febr.	8	Rh	15 23 11	-38.17	-74.60	$+36.43$	$+36.61$	$+0.18$	-0.37	$+17.60$	-17.97	-17.57	$+0.40$

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s\sin(p-P)$ in $y = s\cos(p-P)$.

1913		de	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	v	de	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	v
Sept.	27	0.4994_n	1.5394	0.6180_n	$+0''.005$	1.2368	0.8072	0.9949	$-0''.008$
Okt.	11 ½	1.3363_n	0.9849_n	1.4009_n	-0.577	1.5167	1.2204	1.4809	-0.291
	14	1.3109_n	1.5869_n	1.8124_n	-0.108	1.2008	0.3861_n	1.0203	-0.332
	30	0.8017_n	1.3995	0.9139_n	$+0.014$	1.3351	1.1331	1.0404	$+0.094$
Nov.	11	1.6191_n	1.3297	1.7778_n	-0.125	1.4852	1.1801_n	1.0097	$+0.190$
	16	1.5277_n	1.5930_n	1.5965	$+0.052$	1.1395	0.6691_n	1.3166	-0.378
	22	1.7358_n	1.5256	0.6824_n	$+0.001$	1.3827	1.0041_n	0.8432	$+0.157$
	23	1.2166_n	1.4030_n	1.1721	-0.089	1.2738	1.1524_n	1.4922	-0.056
Dez.	7	1.6639_n	1.2930	9.6780	-0.035	1.4635	1.1999_n	0.8677	-0.396
	13	1.3528_n	1.0534	1.2103_n	-0.011	1.3324	1.2369	0.9888	-0.036
	14	1.7830_n	1.5161	1.2889_n	$+0.048$	1.3692	1.0272_n	1.6294_n	$+0.227$
	16	1.6981_n	1.3362_n	1.4695_n	-0.017	1.4398	1.1827	1.1060	-0.090
	21	1.5293_n	1.4913	1.2574_n	-0.053	1.0248	1.0598	1.4106_n	-0.007
1914									
Jan.	24 ½	1.7205_n	1.3185	1.5019_n	-0.365	1.3296	1.1668_n	1.5649_n	-0.334
Febr.	8	1.5479_n	9.9223	1.5636	$+0.275$	1.1457	1.2286_n	1.2447_n	$+0.178$

Normalgleichungen.

	de	$d\epsilon$	$\frac{da}{a}$	n
de	2.614	−0.462	+0.675	+0.975
$d\epsilon$		1.270	−0.174	−1.481
$\frac{da}{a}$			1.981	+0.221

Auflösung Enceladus 1913—1914.

Mittlere Epoche 1913.906.

	Enceladus	w. F.
de	+ 0.00192	±0.00093
$d\epsilon$	−37.80	±4.33
$\frac{da}{a}$	− 0.00050	±0.00103

Korrektionen:

$\log de$ 7.2825

$\log d\epsilon$ 8.0412_n

$\log \frac{da}{a}$ 6.7027_n

(nn)	2.834
$(vv)_\epsilon$	0.354
$(vv)_{\frac{da}{a}}$	0.673
(vv)	1.027

Anzahl der Gl. 30

Summe der Gew. 28

w. F. einer Gl. ±0.137

Korrigierte Elemente:

		Enceladus	w. F.
1913 Dez. 0.0	l	151° 20'.2	±4'.3
	a	34".384	±0".032
	e	0.00652	±0.00093

Da der hier erhaltene Wert von $\frac{da}{a}$ sehr unsicher ist, wurde für eine zweite Auflösung $\frac{da}{a} = +0.00200$ als bekannt angenommen. Für de und $d\epsilon$ ergab sich dann

$$de = +\ 0.00124$$
$$d\epsilon = -\ 37'.77 .$$

Beobachtungen von Mimas 1910—1914.

1910		Anschluß an	C. S. Time Beob. Zeit von s	s	Δt	p	Zeitred. ∂p	Zahl der Einst. in s	p	Bemerkungen
Aug.	9	Di	$15^h 33^m 45^s$	22".46	$+4^m.30$	68° 57'.6	+ 4'.8	8	5	
	16	Di	15 16 23	18.64	5.37	203 4.2	−86.2	8	5	
Sept.	27	Rh	12 28 59	21.64	4.75	206 27.0	−11.3	8	5	
Okt.	7	Di	13 41 54	17.88	4.72	241 54.6	+12.5	8	5	
	9	Rh	11 24 0	57.17	5.18	288 6.6	− 8.3	8	5	
	16	Te	10 57 20	11.63	4.12	38 22.2	−54.7	8	5	
	30	Di	11 42 36	38.30	4.87	80 59.4	− 4.7	8	5	
1911										
Okt.	27	Rh	13 12 18	26.43	3.98	3 43.2	−19.9	8	5	
1912										
Nov.	17	Di	11 3 20	27.88	4.27	252 2.4	+10.6	8	5	
1913										
Jan.	28	Di	8 10 56	22.73	4.55	113 11.4	+15.9	9	5	Veröffentlicht unter Mi-Rh.
Febr.	8	Di	9 22 51	73.08	4.50	95 57.0	−16.6	8	5	
März	4	Te	6 51 10	17.68	4.92	220 0.0	−49.5	8	5	
Okt.	25	Te	13 40 10	19.70	3.18	344 11.6	−56.9	8	7	
Dez.	14	Rh	10 14 58	60.76	5.98	256 27.6	+ 4.1	9	5	
	16	Di	9 30 50	34.49	5.17	278 5.4	+ 3.2	8	5	

Vier weitere Messungen, die im A. J. als Beobachtungen von Mimas veröffentlicht sind, haben sich als Anschlüsse von Enceladus an die Trabanten Dione oder Rhea herausgestellt.

Mimas-A 1910—1914.

Beobachtung — Rechnung.

1910		Anschluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_A	C $x - x_A$	O $x - x_A$	$O-C$ x	y	y_A	C $y - y_A$	O $y - y_A$	$O-C$ y
Aug.	9	Di	$21^h 12^m 22^s$	−26".98	−47".85	+20".87	+20".94	+0".07	−1".76	−10".08	+ 8".32	+ 8".12	−0".20
	16	Di	20 55 57	+28.20	+14.03	− 0.43	− 0.81	−0.38	−2.63	+14.66	−17.29	−17.35	−0.06
Sept.	27	Rh	18 12 59	−25.50	−10.18	− 9.32	− 9.45	−0.13	+5.75	+25.29	−19.54	−19.47	+0.07
Okt.	7	Di	19 20 31	+26.88	+42.62	−15.74	−15.74	0.00	+5.07	+13.69	− 8.62	− 8.48	+0.14
	9	Rh	17 8 43	+24.72	+78.97	−54.25	−54.52	−0.27	+6.18	−11.10	+17.28	+17.20	−0.08

1910		An-schluß an	Red. mittl. Zeit Berlin	x	x_A	C $x-x_A$	O $x-x_A$	$O-C$ v	y	y_A	C $y-y_A$	O $y-y_A$	$O-C$ v
Okt.	16	Te	$16^h42^m17^s$	−31″18	−38″36	+ 7″18	+ 6″99	−0″19	−0″35	− 9″18	+ 8″83	+ 8″29	+0″46
	30	Di	17 27 39	−25.31	−63.13	+37.82	+37.75	−0.07	+5.53	− 0.98	+ 6.51	+ 6.48	−0.03
1911													
Okt.	27	Rh	18 57 54	−30.30	−32.93	+ 2.63	+ 2.10	−0.53	−3.08	−29.07	+25.99	+26.35	+0.36
1912													
Nov.	17	Di	16 49 40	+28.41	+55.44	−27.03	−26.94	+0.09	+6.31	+13.43	− 7.12	− 7.17	−0.05
1913													
Jan.	28	Di	13 52 13	−17.51	−37.65	+20.14	+20.46	+0.32	+8.03	+18.07	−10.04	− 9.90	+0.14
Febr.	8	Di	15 2 39	+25.74	−46.39	+72.13	+72.36	+0.23	+4.65	+14.71	−10.06	−10.25	−0.19
März	4	Te	12 27 42	−24.55	−12.80	−11.75	−11.76	−0.01	+5.03	+18.10	−13.07	−13.20	−0.13
Okt.	25	Te	19 24 44	+30.16	+34.53	− 4.37	− 4.05	+0.32	+3.03	−15.47	+19.10	+19.28	+0.18
Dez.	14	Rh	16 1 38	+29.34	+89.18	−59.84	−60.02	−0.18	−3.92	+ 5.61	− 9.53	− 9.49	+0.04
	16	Di	15 17 27	+30.36	+63.91	−33.55	−33.66	−0.11	+3.73	− 3.82	+ 7.55	+ 7.53	−0.02

Koeffizienten der Bedingungsgleichungen

in $x = s \sin(p - P)$ in $y = s \cos(p - P)$.

1910		$d(e \sin \pi)$	$d(e \cos \pi)$	$d\epsilon$	v	$d(e \sin \pi)$	$d(e \cos \pi)$	$d\epsilon$	$d(\gamma \sin \theta_0)$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	v
Aug.	9	1.3412_n	1.3227	0.8450	+0″153	1.1828	0.8746	0.9252_n	1.2784_n	1.2662	−0″339
	16	1.1715_n	1.4343	0.8063	−0.328	1.0853	1.1092	0.9443	1.3998	1.0474_n	−0.030
Sept.	27	1.5895_n	1.2767	1.2417_n	−0.156	0.4064_n	1.2066	0.8869_n	1.3324_n	1.3038	−0.027
Okt.	7	1.5729_n	1.2057_n	1.1842_n	+0.024	0.6146_n	1.2157	0.9039	1.1189_n	1.4221_n	+0.221
	$9\frac{1}{2}$	1.6667_n	1.2899_n	1.2725_n	−0.255	0.4398	1.1898	0.8664	1.2390_n	1.3804_n	−0.031
	16	1.4800_n	0.8911_n	9.5246	−0.093	0.6326_n	1.2514	0.9020_n	0.4775	1.4720	+0.347
	30	1.6516_n	0.8746_n	1.2760_n	−0.057	1.0424_n	1.0394	0.8021_n	0.9854_n	1.4571	−0.103
1911											
Okt.	$27\frac{1}{2}$	1.4761_n	0.8345_n	0.9082	−0.383	0.5391_n	1.3445	1.0449_n	1.3515	1.2704	+0.245
1912											
Nov.	17	1.4234_n	1.4581_n	1.1277_n	+0.112	0.8560_n	1.3649	1.0717	1.4473_n	0.7545	+0.006
1913											
Jan.	28	0.1065_n	1.7032_n	1.3745_n	+0.228	1.1548_n	0.9869_n	0.8544_n	1.4296	9.0974	+0.152
Febr.	8	1.3780	1.4019_n	1.0669_n	+0.115	1.3217	0.7186_n	1.0229	9.7441_n	1.4111	−0.092
März	4	1.2573	1.4791_n	1.0996_n	−0.109	0.9895_n	1.2692_n	1.0073_n	1.0517	1.3509_n	−0.112
Okt.	25	1.5146_n	0.4001_n	0.8099_n	+0.373	0.7714	1.4194	1.1267	1.4414_n	9.7685_n	+0.214
Dez.	14	1.4877_n	1.2735_n	1.0190	−0.003	1.3441_n	1.1603	1.1138	1.4345_n	0.8024	+0.155
	16	1.2032_n	1.4752_n	0.8755_n	−0.079	1.2635_n	1.2998	1.1286	1.2696_n	1.3218	+0.062

Normalgleichungen.

	$d(e \sin \pi)$	$d(e \cos \pi)$	$d\epsilon$	$d(\gamma \sin \theta_0)$	$d(\gamma \cos \theta_0)$	n
$d(e \sin \pi)$	1.386	+0.048	+0.156	+0.066	−0.120	+0.279
$d(e \cos \pi)$		1.212	+0.389	−0.293	+0.165	−0.068
$d\epsilon$			0.386	−0.132	−0.037	−0.166
$d(\gamma \sin \theta_0)$				0.561	−0.146	+0.035
$d(\gamma \cos \theta_0)$					0.540	+0.092

Auflösung Mimas 1910—1914.

Mittlere Epoche 1912.060.

Korrektionen:		Mimas	w. F.		
$\log d(e \sin \pi)$	7.4548	$d(e \sin \pi)$	+ 0.00285	±0.00121	(nn) 1.147
$\log d(e \cos \pi)$	7.0725	$d(e \cos \pi)$	+ 0.00118	±0.00162	
$\log de$	7.8186n	de	−22.″64	±9.″92	$(vv)_x$ 0.509
$\log d(\gamma \sin \theta_0)$	6.3998n	$d(\gamma \sin \theta_0)$	− 0.86	±7.03	$(vv)_y$ 0.444
$\log d(\gamma \cos \theta_0)$	7.1624	$d(\gamma \cos \theta_0)$	+ 5.00	±7.01	(vv) 0.953

Epoche von π, θ_0 1912 Jan. 0.0

Anzahl der Gl. 30
Summe der Gew. 28

Korrigierte Elemente:

1912 Jan. 0.0	l	34° 22.′4	± 9.″9	w. F. einer Gl. ±0.″137
	e	0.0210		
	π	41°.1		
	Ω	167° 15.′7	±15.′7	
	i	26 32.0	± 7.0	

Zusammenstellung der Beobachtungsresultate in Washington und an der Yerkes-Sternwarte.

Stellt man die wahrscheinlichen Fehler einer Bedingungsgleichung, wie sie aus den obigen Rechnungsresultaten folgen, nach Verbindungen und Jahren für die Beobachtungsreihen in Washington und am Yerkes-Observatory zusammen, so ergibt sich zunächst folgendes Bild:

	Rh — Te	Rh — Di	Di — Te	Te — En
Washington:				
1903	±0.″086 (102 Gl.)	±0.″080 (56 Gl.)	±0.″082 (74 Gl.)	±0.″171 (54 Gl.)
1904	±0.088 (86 »)	±0.071 (48 »)	±0.078 (76 »)	±0.119 (60 »)
1905	±0.070 (35 »)	±0.084 (36 »)	±0.082 (32 »)	±0.055 (20 »)
1906	±0.073 (16 »)	±0.094 (12 »)	±0.069 (13 »)	±0.068 (13 »)
1907	±0.049 (26 »)	±0.066 (25 »)	±0.061 (27 »)	±0.063 (18 »)
1908	±0.062 (16 »)	±0.059 (16 »)	±0.051 (16 »)	±0.075 (13 »)
Yerkes-Observatory:				
1910—1912	±0.″132 (46 Gl.)	±0.″108 (60 Gl.)	±0.″111 (42 Gl.)	±0.″118 (58 Gl.)
1912—1914	±0.123 (80 »)	±0.127 (92 »)	±0.099 (60 »)	±0.133 (80 »)

Für die Jahre 1905—1908 sind hier nur die wahrscheinlichen Fehler der Gleichungen in x, die für die einzelnen Jahre getrennt aufgelöst wurden,

angegeben. Für die aus je zwei Oppositionen folgenden Auflösungen in y findet man in gleicher Weise:

	Rh — Te	Rh — Di	Di — Te	Te — En
1905—1906	±0".074 (51 Gl.)	±0".065 (48 Gl.)	±0".075 (45 Gl.)	±0".067 (33 Gl.)
1907—1908	±0.053 (42 »)	±0.044 (41 »)	±0.050 (43 »)	±0.074 (31 »)

Man sieht, daß die Washingtoner Beobachtungen in den letzten Jahren nicht unbeträchtlich genauer sind als in den ersten Jahren, was wohl hauptsächlich durch die größere Sicherheit der Einstellungen bei dem höheren Stande des Planeten zu erklären ist. Auch wird vielleicht die mit der Zeit erlangte größere Übung beim Beobachter Hammond nicht unwesentlich dazu beigetragen haben. Im allgemeinen dürfte hiernach die Genauigkeit der Messungen am Washingtoner Refraktor ungefähr die gleiche sein wie bei den Pulkowaer Messungsreihen am dortigen 30zölligen Refraktor. Ein Einfluß der Zusammenziehung des Ringes auf die Genauigkeit der Einstellungen in p läßt sich bei diesen Reihen nicht nachweisen (vgl. Vol. XI, Seite 65).

Die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtungsreihen am Yerkes-Observatorium, die auch durch systematische Fehler stärker beeinflußt sein dürften, sind dagegen erheblich größer als bei den Washingtoner Reihen. Daß hier namentlich die Gleichungen in y keine so gute Übereinstimmung geben konnten, darauf ist bereits in der Einleitung hingewiesen. Tatsächlich zeigt es sich auch, daß die Summen der Fehlerquadrate der Gleichungen in y meist größer sind, als die entsprechenden Summen in x, was mit der geringeren Zahl der Einstellungen in p zusammenhängt.

Weiterhin sind in den nachstehenden Tabellen die Korrektionen der Epochenlängen in bezug auf die zugrunde gelegten Längen nach Vol. XI, die daraus folgenden Epochenlängen l und daneben die gefundenen Exzentrizitäten e und Längen der Apsidenlinien π aufgeführt. Die Längen l sind gezählt vom Äquinoktium in der Ekliptik, dann im Saturnsäquator, schließlich in der Trabantenbahn, die Längen π vom Schnittpunkt des Saturnsäquators mit dem Erdäquator.

Die Korrektionen der Epochenlängen.

	Verb.	de_{Rh}	w. F.	de_{Di}	w. F.	de_{Te}	w. F.	de_{En}	w. F.	de_{Mi}	w. F.
1903	Rh-Di	+1.62	±0.94	+11.65	±1.25						
	Rh-Te	+1.34	±0.76			− 7.46	±1.26				
	Di-Te			+ 3.66	±1.23	− 9.16	±1.47				
	Te-En					− 0.60	±3.58	− 25.02	+5.12		
1904	Rh-Di	+1.32	±0.97	+11.41	±1.22						
	Rh-Te	−0.38	±0.84			− 6.33	±1.58				
	Di-Te			+ 6.84	±1.02	− 5.83	+1.41				
	Te-En					− 4.13	+2.37	−15.42	+3.29		
1905	Rh-Di	+0.04	±0.89	+ 4.03	±1.26						
	Rh-Te	+2.17	±0.76			− 7.77	±1.30				
	Di-Te			+ 6.45	±1.36	− 4.06	±1.57				
	Te-En					− 7.97	±1.25	−16.86	±2.71		
1906	Rh-Di	+1.23	±1.64	+ 7.19	±2.11						
	Rh-Te	−1.01	±1.11			− 7.09	±2.57				
	Di-Te			+ 6.15	±1.55	− 1.15	±2.72				
	Te-En					− 3.82	+2.37	−20.55	±4.50		
1907	Rh-Di	−0.10	±0.75	+ 4.20	±1.21						
	Rh-Te	+0.70	±0.58			− 6.91	±1.23				
	Di-Te			+11.15	±1.13	− 7.68	±1.41				
	Te-En					− 8.93	±1.86	−13.36	±2.72		
1908	Rh-Di	+1.12	±1.04	+ 9.98	±1.39						
	Rh-Te	+0.01	±0.94			−10.67	±1.63				
	Di-Te			+ 9.72	±1.05	− 9.08	±1.39				
	Te-En					− 5.96	+2.43	+ 4.16	±3.45		
1903—1904	Mi mit									−19.95	±15.53
1905—1906	Rh, Di,									− 5.90	± 8.55
1907—1908	Te, En									− 4.77	+ 7.52
1910—1912	Di-Rh	−2.23	±1.24	+ 1.08	±1.89						
	Te-Rh	−2.09	+1.54			−12.83	±3.01				
	Te-Di			+10.51	±2.31	−10.93	±2.89				
1912—1914	Di-Rh	+1.62	±1.19	+13.81	±1.61						
	Te-Rh	−1.28	+1.26			−11.48	±2.00				
	Te-Di			+ 6.87	±1.53	−13.30	±1.99				
1910—1911	En-Te							− 4.18	±3.75		
1911—1912	En-Te							+ 2.57	±4.63		
1912—1913	En-Te							−11.98	±3.78		
1913—1914	En-Te							−37.80	±4.33		
1910—1914	Mi mit Rh. Di. Te. En									−22.64	± 9.92

Zusammenstellung der abgeleiteten Bahnelemente l, $\dot{e}$, π.

Rhea.

Mittlere Epoche	Beobachter	Ort	Datum Gr. M. Z.	Anschluß an	l	e	π	$e \sin(\pi - U)$
1903.590	Frederick	Washington	Sept. 0.0	Di	66° 43.'9 ±0.'9	0.00041	355.°8	
.590	»	»	»	Te	43.6 ±0.8	0.00037	175.4	
1904.660	Hammond	»	»	Di	173 17.9 ±1.0	—	—	
.638	»	»	»	Te	16.2 ±0.8	0.00119	186.8	
1905.684	»	»	»	Di	100 9.5 ±0.9			−0.00095 ±11
.683	»	»	»	Te	11.7 ±0.8			−0.00111 ±10
1906.697	»	»	»	Di	27 3.6 ±1.6			−0.00060 ±22
.700	»	»	»	Te	1.4 ±1.1			−0.00079 ±14
1907.701	»	»	»	Di	313 55.2 ±0.8			−0.00083 ±10
.718	»	»	»	Te	56.0 ±0.6			−0.00072 ± 7
1908.715	»	»	»	Di	320 30.7 ±1.0			−0.00063 ±12
.707	»	»	»	Te	29.6 ±0.9			−0.00077 ±12
1911.156	Barnard	Yerkes-Obs.	April 0.0	Di	148 31.1 ±1.2			
.353	»	»	»	Te	31 2 ±1.5			
1913.277	»	»	»	Di	82 2.2 ±1.2	—	—	
.282	»	»	»	Te	81 59.3 ±1.3	0.00050	202.7	

Dione.

Mittlere Epoche	Beobachter	Ort	Datum Gr. M. Z.	Anschluß an	l	e	π	
1903.590	Frederick	Washington	Sept. 0.0	Rh	145° 33.'3 ±1.'3	0.00245	130.°5	Epoche für π 1903.590
.518	»	»	»	Te	25.3 ±1.2	0.00319	141.6	
1904.660	Hammond	»	»	Rh	47 21.3 ±1.2	0.00178	189.3	Epoche für π 1904.660
.638	»	»	»	Te	16.7 ±1.0	0.00201	142.5	
1905.684	»	»	»	Rh	177 32.2 ±1.3	—		
.686	»	»	»	Te	34.7 ±1.4	(0.00250)	203.9	e als bekannt angenommen
1906.697	»	»	»	Rh	307 51.9 ±2.1	—	—	
.699	»	»	»	Te	50.9 ±1.6	(0.00250)	208.7	»
1907.701	»	»	»	Rh	78 3.2 ±1.2	—	—	
.720	»	»	»	Te	10.2 ±1.1	(0.00250)	256.9	»
1908.715	»	»	»	Rh	339 56.7 ±1.4	—		
.717	»	»	»	Te	56.4 ±1.1	(0.00250)	281.0	»
1911.156	Barnard	Yerkes-Obs.	April 0.0	Rh	45 41.9 ±1.9	0.00301	354.3	Epoche für π 1911.156
.181	»	»	»	Te	51.3 ±2.3	—	—	
1913.277	»	»	»	Rh	77 56.6 ±1.6	0.00281	49.0	Epoche für π 1913.277
.278	»	»	»	Te	49.7 ±1.5	0.00258	68.6	

Tethys.

Mittlere Epoche	Beobachter	Ort	Datum Gr. M. Z.	Anschluß an	l	
1903.590	Frederick	Washington	Sept. 0.0	Rh	268° 45'.0	±1'.3
.518	"	"	"	Di	43.3	±1.5
.636	"	"	"	En	51.9	±3.6
1904.638	Hammond	"	"	Rh	224 2.5	±1.6
.638	"	"	"	Di	3.0	±1.4
.620	"	"	"	En	4.7	±2.4
1905.683	"	"	"	Rh	348 35.7	±1.3
.686	"	"	"	Di	39.4	±1.6
.684	"	"	"	En	35.5	±1.3
1906.700	"	"	"	Rh	113 11.5	±2.6
.699	"	"	"	Di	17.4	±2.7
.675	"	"	"	En	14.8	±2.4
1907.718	"	"	"	Rh	237 47.4	±1.2
.720	"	"	"	Di	46.6	±1.4
.713	"	"	"	En	45.4	±1.9
1908.707	"	"	"	Rh	193 1.8	±1.6
.717	"	"	"	Di	3.4	±1.4
.716	"	"	"	En	6.5	+2.4
1911.353	Barnard	Yerkes-Obs.	April 0.0	Rh	190 8 3	±3.0
.181	"	"	"	Di	10.2	±2.9
1913.282	"	"	"	Rh	270 10.1	±2.0
.278	"	"	"	Di	8.3	±2.0

Enceladus.

Mittlere Epoche	Beobachter	Ort	Datum Gr. M. Z.	Anschluß an	l	e
1903.636	Frederick	Washington	Sept. 0.0	Te	3° 10'.4 ±5'.1	0.00629 ±117 [1]
1904.620	Hammond	"	"	Te	43 8.8 ±3.3	0.00379 ± 42
1905.684	"	"	"	Te	179 50.5 +2.7	0.00179 ± 83
1906.675	"	"	"	Te	316 48.1 ±4.5	0.00531 ± 59
1907.713	"	"	"	Te	94 17.6 ±2.7	0.00408 ± 33
1908.716	"	"	"	Te	134 27.9 ±3.5	0.00193 +149
1910.782	Barnard	Yerkes-Obs.	Nov. 0.0	Rh, Di, Te	235 23.0 ±3.8	0.00328 ± 64
1911.853	"	"	Dez. 0.0	Rh, Di, Te	335 4.6 ±4.6	0.00331 ±135
1912.915	"	"	"	Rh, Di, Te	14 43.8 ±3.8	0.00356 ± 62
1913.906	"	"	"	Rh, Di, Te	151 20.2 ±4.3	0.00652 ± 93

[1] e ist für die Reihe 1903 aus den Korrektionen für $e \sin \pi$ und $e \cos \pi$ gerechnet.

Mimas.

Mittlere Epoche	Beobachter	Ort	Datum Gr. M. Z.	Anschluß an	l	e	π	
1904.519	Frederick u. Hammond	Washington	1904 Juli 0.0	Rh, Di, Te, Ea	225° 25'.8 ± 15'.5	0.0229	155°.9	π bezogen auf die Mittl. Ep.
1905.986	Hammond	»	1906 Jan. 0.0	»	66 26.2 ± 8.6	0.0202	347.5	»
1908.087	Hammond	»	1908 Jan. 0.0	»	289 30.9 ± 7.5	0.0218	30.0	»
1912.060	Barnard	Yerkes-Obs.	1912 Jan 0.0	»	34 22.4 ± 9.9	0.0210	41.1	»

a. Rhea.

Die Korrektionen $d\epsilon$ der Epochenlänge für Rhea haben sich sowohl nach den Washingtoner Beobachtungsreihen wie auch nach den Barnardschen als sehr klein herausgestellt. Da, nach den wahrscheinlichen Fehlern zu urteilen, die gefundenen Werte innerhalb der Messungsgenauigkeit liegen, sieht man, daß die Verbesserung, welche die Länge von Rhea bedarf, belanglos ist. Die Elemente für Epochenlänge und mittlere Bewegung in Vol. XI bedürfen daher bei diesem Trabanten zur Zeit keiner Änderung.

Was nun die Elliptizität der Bahn von Rhea betrifft, so hatte H. Struve auf Grund seiner Pulkowaer Beobachtungen eine kleine Exzentrizität vermutet, ohne diesem Ergebnis eine große Sicherheit beimessen zu können, um so mehr, als es keine einfache Aufgabe war, die Exzentrizitäten der einzelnen Trabanten voneinander zu trennen. Für die Washingtoner Beobachtungsreihen hatten sich aus den verschiedenen Verbindungen folgende Werte der oben S. 8 definierten Konstanten f ergeben.

	1903	1904	1905	1906	1907	1908
Rh — Te	(+0".006 ± 0".014)	+0".018 ± 0".015	+0".136 ± 0".012	+0".098 ± 0".018	+0".091 ± 0".009	+0".099 ± 0".015
Rh — Di			+0.140 ± 0.014	+0.099 ± 0.027	+0.134 ± 0.013	+0.111 ± 0.015
Di — Te		—	−0.043 ± 0.015	+0.043 ± 0.019	−0.035 ± 0.012	−0.025 ± 0.013

Der Wert von f für die Verbindung Rhea-Tethys 1903 ist zum Vergleich durch Rechnung aus den Korrektionen $e \sin \pi$ und $e \cos \pi$ ermittelt und daher hier eingeklammert worden. In diesem Falle ist f für die Verbindung Rhea-Tethys

$$f = \left(-\frac{3}{2} \nu e \sin (\pi - U)\right)_{Rh} - \left(-\frac{3}{2} \nu e \sin (\pi - U)\right)_{Tr}$$

und für Rhea-Dione

$$f = \left(-\frac{3}{2} \nu e \sin (\pi - U)\right)_{Rh} - \text{Korr}\left(-\frac{3}{2} \nu e \sin (\pi - U)\right)_{Di},$$

wo hier das zweite Glied die Korrektion der für Dione angenommenen elliptischen Elemente bedeutet. Einen entsprechenden Ausdruck für f hat man für die Verbindung Dione-Tethys zu setzen, nämlich

$$f = \text{Korr}\left(-\frac{3}{2} \nu e \sin (\pi - U)\right)_{Di} - \left(-\frac{3}{2} \nu e \sin (\pi - U)\right)_{Te},$$

wobei zu bemerken ist, daß für Tethys ebenso wie für Rhea eine Kreisbahn zugrunde gelegt war. Die Konstanten f zeigen nun sowohl bei Rhea-Dione wie bei Rhea-Tethys ausgesprochen positive Werte, die zwischen 0".09 und 0".14 schwanken. Da nach den Untersuchungen in Vol. XI anzunehmen ist, daß Tethys keine merkliche Exzentrizität besitzt, andererseits nach der obigen Tabelle aus den Verbindungen Dione-Tethys nur unbedeutende Zahlenwerte für die Größe f folgen, so ist die Vermutung naheliegend, daß diese positiven Werte von f durch eine Exzentrizität der Bahn von Rhea zu erklären sind. Nimmt man für e und π die in Vol. XI abgeleiteten Werte an

$$e = 0.0009$$
$$\pi = 305° + 10°.1\, t \qquad \text{(Epoche 1889.25)},$$

wobei π auf das Äquinoktium bezogen ist, so ergibt die Rechnung von f für Rhea unter Benutzung von Mittelwerten für die Größen U und ν in den einzelnen Jahren:

Epoche	1903.590	1904.638	1905.683	1906.700	1907.718	1908.707
f	−0".068	−0".069	−0".071	−0".074	−0".077	−0".082.

Aus der Reduktion der Washingtoner Reihen 1903 bis 1908 folgt also, daß die in Vol. XI abgeleitete Exzentrizität von Rhea und die dort auf Grund der Breitenmessungen vorausgesetzte Bewegung der Apsidenlinie den neueren Beobachtungen nicht mehr genügt und die Darstellung der Beobachtungen wesentlich verschlechtern würde. Um eine gute Über-

einstimmung zu erhalten, hätte die Länge der Apsidenlinie von Rhea für die Oppositionen 1905 bis 1908 um beiläufig 180° geändert werden müssen. Die früheren Beobachtungsreihen 1903 und 1904 und die späteren von Barnard lassen dagegen das Vorhandensein einer Exzentrizität bei Rhea nicht erkennen. Im Jahre 1904 wurde die Beobachtungsreihe Rhea-Tethys sowohl mit f wie auch ein zweites Mal streng mit $e \sin \pi$ und $e \cos \pi$ aufgelöst. Aus beiden Auflösungen kam für f ein sehr kleiner Wert heraus, so daß diese Größe von 1904 auf 1905 einen plötzlichen und sehr auffälligen Sprung macht. Es muß Sache einer späteren Vervollständigung der Theorie und einer allgemeinen Integration der Bewegungsgleichungen in e und π sein, diese Erscheinung aufzuklären.

Da die aus der Auflösung der Bedingungsgleichungen in y erhaltenen Konstanten f' für die Oppositionen 1905 bis 1908 lediglich Rechnungsergebnisse sind, die wegen der Kleinheit von $\sin B$ zur Bestimmung von e und π nichts beitragen, so läßt sich aus f nur die Funktion $e \sin (\pi - U)$ bestimmen. Zur Berechnung von $e \sin (\pi - U)$ habe ich an die aus der Verbindung Rhea-Dione erhaltenen Werte von f, unter der Annahme, daß die Exzentrizität der Bahn von Tethys verschwindend ist, die aus den entsprechenden Reihen von Dione-Tethys gefundenen Verbesserungen von f für Dione angebracht, und zwar die Werte:

$-0''.024$ für 1905 und 1906,
-0.030 » 1907 » 1908,

welche aus den oben S. 55 bzw. 58 gegebenen gemeinsamen Auflösungen der Bedingungsgleichungen in x für diese Jahre folgen. Die für die vier aufeinanderfolgenden Jahre auf diese Weise gerechneten Größen $e \sin (\pi - U)$ für Rhea in der Tabelle S. 113 zeigen dann sowohl für die Verbindungen mit Dione wie mit Tethys eine gute Übereinstimmung.

b. System Enceladus-Dione.

Die Korrektionen der Längen von Dione und Enceladus sind nicht zu vernachlässigen und weisen unter anderem bei der Länge von Enceladus recht bedeutende Schwankungen auf. Die Korrektionen $d\epsilon$ von Dione, die der Zeit proportional anwachsen, lassen auf eine Verbesserung der jährlichen Bewegung des Trabanten im Betrage von etwa $+0''.5$ schließen,

Zu demselben Ergebnis gelangte auch Dr. Hassenstein bei seiner neuen Bearbeitung der Herschelschen Beobachtungen des Jahres 1789[1].

Unter Benutzung dieses neueren Beobachtungsmaterials und seiner eigenen Messungen in Babelsberg 1916, hat H. Struve im vergangenen Jahre in den Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss.[2] eine neue Bearbeitung des Systems Enceladus-Dione veröffentlicht und ist dabei zu neuen Werten für die Librationskonstanten, Epochenlängen und mittleren Bewegungen dieser beiden Monde gelangt, welche die neueren Beobachtungen sehr befriedigend darstellen. Diese Untersuchung ergab auch als Nebenresultat eine genäherte Bestimmung der Masse von Enceladus, die sich noch kleiner herausstellte als nach der Schätzung in Vol. XI anzunehmen war.

Was die Bahnelemente e und π für Dione betrifft, so deuten die neueren Beobachtungen in Washington und an der Yerkes-Sternwarte auf eine Vergrößerung der früher abgeleiteten Exzentrizität hin. Ein Wert von $e = 0.0025$ dürfte wohl der Wahrheit am nächsten kommen. Unter Beibehaltung der in Vol. XI gegebenen Werte für die Länge der Apsidenlinie von Dione (gezählt vom Äquinoktium aus)

$$\pi = 165^\circ + 31^\circ 0\, t \qquad \text{(Epoche 1889.25)}$$

würde man für die alten und neueren Epochen folgende Darstellung erhalten (s. S. 119).

Die Darstellung kann als eine recht befriedigende bezeichnet werden, zumal einige Reihen wegen der beschränkten Zahl von Messungen, andere, wie 8 und 9, wegen der geringen Öffnung der Bahnen nur geringes Gewicht beanspruchen können. Die in Vol. XI erlangten Resultate für die Länge und Bewegung der Apsidenlinie werden demnach durch die neueren Reihen gut bestätigt.

Im allgemeinen sprechen die Resultate der Beobachtungsreihen Tethys-Enceladus für eine Verkleinerung der Exzentrizität von Enceladus gegenüber der Bestimmung in Vol. XI. Immerhin ergaben auch mehrere Epochen, wie 1903, 1906 und 1913, einen etwas größeren Wert für e, der auf periodische Schwankungen der Exzentrizität von Enceladus hindeutet, welche wohl

[1] »Neue Bearbeitung von William Herschels Beobachtungen der inneren Saturnsmonde (1789)« Inauguraldissertation, Königsberg 1905.

[2] Neue Untersuchungen über die Bewegungen im Saturnsystem (1916, XLII).

	Beobachter	Epoche	$\frac{O}{\pi}$	C	$O-C$
1	Lassell u. Marth	1864.2	148°5	110°	+38°5
2	Washingtoner Beobachtungen	1875.2	90.4	91	− 0.6
3	W. Meyer	1881.8	221.2	294	−72.8
4	H. Struve	1885.7	78.5	56	+22.5
5	"	1888.25	129.1	134	− 4.9
6	"	1889.25	160.4	165	− 4.6
7	"	1890.25	187.8	196	− 8.2
8	"	1891.25	259.8	227	+32.8
9	"	1892.25	215.2	258	−42.8
10	Frederick	1903.59	261.4	249.5	+11.9
11	Hammond	1904.66	291 3	282.7	+ 8.6
12	"	1905.69	329.4	314.6	+14.8
13	"	1906.70	334.2	345.9	−11.7
14	"	1907.72	22.4	17.6	+ 4.8
15	"	1908.72	46.5	48.6	− 2.1
16	Barnard	1911.16	120.0	124.2	− 4.2
17	"	1913.28	184.6	189.9	− 5.3

nicht allein durch die Beobachtungsunsicherheit oder durch zu geringe Anzahl der Einzelmessungen dieser Reihen zu erklären sind. Die Reihe Tethys-Enceladus 1903 wurde aus diesem Grunde unter zwei verschiedenen Voraussetzungen aufgelöst, einmal mit den Korrektionen $d(e\sin\pi)$ und $d(e\cos\pi)$, dann mit de allein. Beide Auflösungen gaben eine Vergrößerung von e für diese Epoche. Im ersteren Falle hätte auch die Länge der Apsidenlinie von Enceladus eine Verbesserung von $-23°$ erfahren müssen, die aber mit der Theorie nicht vereinbar gewesen wäre, da die Apsidenlinie π dieses Satelliten an die Bedingung

$$\pi = 2\epsilon_{D_i} - \epsilon_{E_n}$$

gebunden ist. Aus den Beobachtungsreihen in Washington und an der Yerkes-Sternwarte würde ohne Rücksicht auf Gewichte als Mittelwert für die Exzentrizität von Enceladus 0.0040 folgen. Die Pulkowaer Reihen ergaben den Zahlenwert 0.0046. Letzterer dürfte vermutlich sicherer bestimmt sein, da die vorliegenden Reihen Tethys-Enceladus 1903 bis 1914 kein so umfangreiches Beobachtungsmaterial besitzen wie die Pulkowaer. Auch muß das Produkt der Exzentrizitäten von Dione und Enceladus nach den neuen Untersuchungen dieses Systems durch H. Struve in den Sitzungsberichten der Akademie

$$e \cdot e_1 = 1.25\ (e \cdot e_1)$$

sein, wenn unter

$$(e \cdot e_1) = 46 \times 20 \times 10^{-7}$$

zu verstehen ist. Unter der Annahme, daß die Exzentrizität von Dione 0.0025 ist und Beibehaltung des früheren Wertes von e für Enceladus würde diese Bedingung erfüllt werden.

c. System Mimas-Tethys.

Einer ähnlichen Bearbeitung wie Enceladus-Dione bedarf auch das System Mimas-Tethys. An eine vollständige Diskussion dieses Systems wird man jedoch erst mit größerem Erfolg herantreten können, sobald die neueren Beobachtungsresultate von Babelsberg vorliegen, da für diesen Zweck noch einige sichere Bestimmungen der Elemente beider Satelliten in den letzten Jahren wünschenswert sind. Indessen läßt sich bereits auf Grund des vorliegenden Materials zeigen, daß die in den Tabellen S. 112 gefundenen Abweichungen in den Längen beider Trabanten, die sich gegenseitig stützen, durch eine teilweise Korrektion der Librationskonstanten bedeutend herabgedrückt werden, und damit eine ganz wesentliche Verbesserung in der Darstellung gegenüber den letzten Resultaten von H. Struve[1] und W. Hassenstein[2] sich erreichen läßt.

Sei die Länge von Mimas

$$l = \epsilon + \mu(t - t_0) + \Delta l$$
$$\Delta l = A \sin \mu(\tau - \tau_0) + B \sin 3\mu(\tau - \tau_0),$$

wo entsprechend der früheren Bezeichnungsweise

ϵ die Epochenlänge
μ die mittlere tägliche Bewegung (trop.)
A die Amplitude des Hauptgliedes der Libration Δl
T die Periode der Libration, $\mu = \frac{360^\circ}{T}$
τ_0 die Epoche für das Verschwinden des Librationswinkels

bedeuten, so müssen die Verbesserungen der hier auftretenden 5 unabhängigen Konstanten aus Bedingungsgleichungen von der Form

[1] H. Struve, Neue Bestimmung der Libration Mimas-Tethys. A. N. 3885/86 (1903).
[2] W. Hassenstein, Neue Bearbeitung von W. Herschels Beobachtungen der inneren Saturnsmonde (1789). Inaugural-Dissertation (1905).

$$dl = d\epsilon + (t - t_0)\,dn + \sin\mu(\tau - \tau_0)\,dA + A(\tau - \tau_0)\cos\mu(\tau - \tau_0)\,d\mu - A\mu\cos\mu(\tau - \tau_0)\,d\tau$$

abgeleitet werden. Da die Periode der Libration beiläufig 70 Jahre beträgt, so können aus den Beobachtungen seit 1888, ohne Zuhilfenahme der weniger sicheren älteren Epochen, nicht sämtliche Verbesserungen sicher bestimmt werden. Es liegt aber nahe, auf Grund der früheren Resultate (A. N. 3885—86) die Amplitude A und die Epoche τ_0 unverändert zu lassen und allein die Verbesserungen von ϵ, n, μ aus den Ergebnissen für den Zeitraum 1888 bis 1912 zu suchen. Ausgehend von den in A. N. 3885—86 gefundenen Konstanten findet man alsdann aus den 10 vorhandenen Bedingungsgleichungen:

$$\begin{aligned} d\epsilon &= -0^\circ.129 \quad \pm 0^\circ.103 \\ dn &= -0^\circ.000060 \pm 0^\circ.000025 \\ d\mu &= +0^\circ.01264 \quad \pm 0^\circ.00886 \end{aligned}$$

und hat damit für die Länge von Mimas den Ausdruck:

$$l = \epsilon + n(t - t_0) + \Delta l$$

t_0 1889 April 0.0 Gr. $\quad \epsilon = 127^\circ 11'.3 \quad n = 381^\circ.99444$

$$\tau_0 = 1866.30$$

$$\mu = 5^\circ.08714 \qquad T = 70.767 \text{ Jahre}$$

$$\Delta l = -44^\circ.243 \sin\mu(\tau - \tau_0) - 0^\circ.750 \sin 3\mu(\tau - \tau_0).$$

Die Darstellung der Längen von Mimas ist aus der nachfolgenden Tabelle zu ersehen (S. 123), in welcher gleichzeitig die Abweichungen gegen die aus den früheren Konstanten von H. Struve und Hassenstein a. a. O. abgeleiteten Längen angeführt sind.

Die neueren Beobachtungsresultate werden demnach durch die obigen Librationskonstanten ganz wesentlich besser dargestellt. Aber auch die Darstellung der älteren Epochen, welche in die obige Auflösung nicht einbezogen sind, fällt keinesfalls ungünstiger aus als bei den früheren Bestimmungen.

Zur Verbesserung der Librationskonstanten von Tethys nehmen wir die Periode der Libration bzw. μ gemäß der soeben erlangten Bestimmung an und lassen — wie sich von selbst versteht — auch τ_0 ungeändert. Alsdann lauten die Bedingungsgleichungen für die Länge von Tethys

$$dl_1 = d\epsilon_1 + (t - t_0)\,dn_1 + \sin\mu(\tau - \tau_0)\,dA_1,$$

wo ϵ_1, n_1, A_1 dieselbe Bedeutung für Tethys haben wie ϵ, n, A für Mimas. Benutzt man hier für die Ausgleichung die Resultate der Reihen seit 1864,

Längen von Mimas.

	Beobachter	Epoche τ	M. Z. Gr.	O l	w. F.	H. Struve C l	H. Struve $O-C$	Hassenstein C l	Hassenstein $O-C$	G. Struve Δl Librat.	G. Struve C	G. Struve $O-C$
1.	W. Herschel	1789.79	Okt. 16.0	41°73	±1°43	38°80	+2°93	41°93	−0°20	+22°34	41°49	+0°24
2.	Bond	1848.72	Sept. 19.0	26.8	±2	26.21	+0.59	24.6	+2.2	+43.48	26.97	−0.17
3.	Bond u. Lassell	1852.87	Nov. 13.0	244.8	±1	247.24	−2.44	245.9	−1.1	+40.89	247.95	−3.15
4.	Marth	1864.26	April 5.0	293.3	±0.4	293.86	−0.56	293.4	−0.1	+ 8.36	294.30	−1.00
5.	Wash. Mikr. Mess.	1877.75	Okt. 0.0	232.50	±0.56	232.78	−0.28	232.56	−0.06	−37.70	232.84	−0.34
6.	Wash. Konj. Beob.	1884.67	Sept. 0.0	6.37	±0.4	7.09	−0.72	6.89	−0.52	−43.42	7.07	−0.70
7.	H. Struve	1888.249	April 0.0	338.20	±0.46	338.44	−0.24	338.37	−0.17	−40.80	338.41	−0 21
8.	»	1889.246	» 0.0	87.93	±0.16	87.84	+0.09	87.79	+0.14	−39.38	87.81	+0.12
9.	»	1890.246	» 0.0	197.41	±0.16	197.54	−0.13	197.52	−0.11	−37.65	197.51	−0.10
10.	»	1891.246	» 0.0	307.75	±0.13	307.52	+0.23	307.55	+0.20	−35.63	307.49	+0.26
11.	»	1892.249	» 0.0	79.77	±0.19	79.81	−0.04	79.88	−0.11	−33.31	79.78	−0.01
12.	W. Hussey	1901.580	Aug. 0.0	189.74	±0.15	189.74	0.00	189.76	−0.02	− 0.46	189.69	+0.05
13.	Hammond	1904.519	Juli 0.0	225.43	±0.26	225.76	−0.33	225.49	−0.06	+11.44	225.66	−0.23
14.	»	1905.986	1906 Jan. 0.0	66.44	±0.14	66.54	−0.10	66.07	+0.37	+17.23	66.40	+0.04
15.	»	1908.087	1908 Jan. 0.0	289.52	±0.12	289.60	−0.08	288.84	+0.68	+24.29	289.40	+0.12
16.	Barnard	1912.060	1912 Jan. 0.0	34.37	±0.16	34.75	−0.38	33.33	+1.04	+35.40	34.39	−0.02

unter Fortlassung der ungenaueren alten Bestimmungen und der zweifelhaften Epoche von W. Meyer für 1881.79, so ergibt die Auflösung der Gleichungen, bei denen wieder von den Konstanten in den A. N. 3885—86 ausgegangen ist, die folgenden Verbesserungen:

$$d\epsilon_1 = -3'.22 \qquad \pm 0'.81$$
$$dn_1 = -0°.000002 \pm 0°.000003$$
$$dA_1 = +0°.0970 \quad \pm 0°.0211$$

und damit erhält man für die Länge von Tethys

$$l_1 = \epsilon_1 + n_1(t - t_0) + \Delta l_1$$

l_1 1889 April 0.0 Gr. $\qquad \epsilon_1 = 284° 27'.8 \qquad n_1 = 190°.697948$

$$\mu = 5°.08714 \qquad \tau_0 = 1866.30$$

$$\Delta l_1 = +2°.079 \sin \mu(\tau - \tau_0) + 0°.034 \sin 3\mu(\tau - \tau_0).$$

Die folgende Tabelle enthält die übrigbleibenden Abweichungen der beobachteten Längen sowohl für die Ausgangswerte in A. N. 3885—86 wie für die hier verbesserten Werte.

Längen von Tethys.

	Beobachter	Epoche τ	M. Z. Gr.	O l_1	w. F.	H. Struve C l_1	H. Struve $O-C$	G. Struve Δl_1 Librat.	G. Struve C l_1	G. Struve $O-C$
1.	W. Herschel	1789.8	Okt. 0.0	129° 15′	±12′	129° 20.7	− 5.7	−1° 2.7	129° 16.8	− 1.8
2.	Lamont	1836.4	April 0.0	192 42	—	192 37.7	+ 4.3	−1 0.4	192 34.4	+ 7.6
3.	J. Herschel	1837.4	Jan. 0.0	74 7	±17	74 24.8	−17.8	−1 10.0	74 20.9	−13.9
4.	Bond	1850.5	» 0.0	107 43	±20	107 28.9	+14.1	−2 1.2	107 21.3	+21.7
5.	Jacob	1857.1	» 0.0	282 2	—	282 35.9	−33.9	−1 32.2	282 29.5	−27.5
6.	Jacob	1858.1	» 0.0	47 15	—	47 28.1	−13.1	−1 24.7	47 22.1	− 7.1
7.	Lassell u. Marth	1864.25	April 0.0	341 2.4	± 2.8	341 9.7	− 7.3	−0 23.6	341 6.2	− 3.8
8	Newcomb	1874.74	1875 Jan. 0.0	53 57.5	± 6.6	53 45.5	+12.0	+1 26.6	53 47.0	+10.5
9.	Hall	1875.63	1875 Jan. 0.0	53 52.4	± 4.4	53 51.8	+ 0.6	+1 33.2	53 53.6	− 1.2
10.	W. Meyer	1881.79	Nov. 0.0	116 39.2	± 5.3	116 22.9	+16.3	+2 1.0	116 26.2	+13.0
11.	H. Struve	1886.25	April 0.0	81 28.6	± 0.8	81 28.7	− 0.1	+2 0.6	81 31.3	− 2.7
12.	»	1887.25	» 0.0	206 10.1	± 0.9	206 11.8	− 1.7	+1 58.3	206 14.1	− 4.0
13.	»	1888.25	» 0.0	161 36.1	± 1.0	161 35.8	+ 0.3	+1 55.1	161 37.8	− 1.7
14.	»	1889.25	» 0.0	286 17.3	± 0.9	286 17.1	+ 0.2	+1 51.1	286 18.9	− 1.6
15.	»	1890.25	» 0.0	50 57.2	± 1.0	50 57.7	− 0.5	+1 46.2	50 59.0	− 1.8
16.	»	1891.25	» 0.0	175 38.6	± 0.9	175 37.4	+ 1.2	+1 40.5	175 38.4	+ 0.2
17.	»	1892.25	» 0.0	131 0.1	± 1.5	130 58.2	+ 1.9	+1 33.9	130 58.8	+ 1.3
18.	W. Hussey	1901.58	Aug. 0.0	228 11.3	± 2.4	228 7.1	+ 4.2	+0 1.2	228 2.6	+ 8.7
19.	Frederick	1903.67	Sept. 0.0	268 44.1	± 1.0	268 52.5	− 8.4	−0 22.9	268 46.7	− 2.6
20.	Hammond	1904.67	» 0.0	224 2.8	± 1.1	224 8.8	− 6.0	−0 34.1	224 3.1	− 0.3
21.	»	1905.67	» 0.0	348 37.5	± 1.0	348 43.5	− 6.0	−0 45.0	348 36.7	+ 0.8
22.	»	1906.67	» 0.0	113 14.4	± 1.9	113 18.6	− 4.2	−0 55.4	113 11.3	+ 3.1
23.	»	1907.67	» 0.0	237 47.0	± 0.9	237 54.3	− 7.3	−1 5.3	237 46.5	+ 0.5
24.	»	1908.67	» 0.0	193 2.6	± 1.1	193 12.5	− 9.9	−1 14.5	193 4.3	− 1.7
25.	Barnard	1911.25	April 0.0	190 9.3	± 2.1	190 21.1	−11.8	−1 34.8	190 12.0	− 2.7
26.	Barnard	1913.25	April 0.0	270 9.2	± 1.4	270 21.6	−12.4	−1 46.9	270 11.9	− 2.7
27.	H. Struve	1916.15	März 0.0	235 23.3	± 1.0	235 32.4	− 9.1	−1 58.3	235 22.3	+ 1.0

In diese Vergleichung ist auch eine Länge mit aufgenommen, welche 1916 am Babelsberger Refraktor aus drei voneinander unabhängigen Reihen scharf bestimmt ist und mir für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt werden konnte. Die Summe der Quadrate der übrigbleibenden Abweichungen geht bei den 20 Epochen, die zur Ausgleichung benutzt wurden, auf ein Drittel herab. Aber auch die älteren Epochen, die in die Ausgleichung nicht aufgenommen sind, finden eine mindestens ebenso gute Darstellung. Es ist daher anzunehmen, daß die oben gefundenen Librationskonstanten für das System Mimas-Tethys der Wahrheit schon recht nahekommen werden.

Das neue Beobachtungsmaterial scheint ferner die Annahme in Vol. XI zu bestätigen, daß die Bahn von Tethys sich sehr nahe einer Kreisbahn anschließt. Dagegen bedürfen die elliptischen Elemente von Mimas, die dort abgeleitet worden sind, einer kleinen Verbesserung. Zum Vergleich seien die älteren und neueren Bestimmungen zusammen aufgeführt:

	Beobachter	Epoche	e	π	$O-C$ $\Delta\pi = +365°25$	$O-C$ $\Delta\pi = +365°55$
1	Lassell u. Bond	1852 Dez. 0	—	170°	+15°	+26°
2	Marth	1864 April 0	—	335	− 1	+ 7
3	Wash. Beobachtungen	1876 Okt. 0	0.0192	202.8	−18.8	−15.0
4	H. Struve	1888 April 0	0.0158	92.1	− 9.8	− 9.5
5	»	1889 » 0	0.0183	105.5	− 1.7	− 1.7
6	»	1890 » 0	0.0198	112.2	− 0.2	− 0.5
7	»	1891 » 0	0.0190	115.3	− 2.4	− 3.0
8	»	1892 » 0	0.0205	122.6	− 0.3	− 1.2
9	Frederick u. Hammond	1904.519	0.0229	281.3	− 2.9	− 7.5
10	Hammond	1905.986	0.0202	113.0	+12.8	+ 7.8
11	»	1908.087	0.0218	155.5	+ 8.1	+ 2.4
12	Barnard	1912.060	0.0210	166.7	+ 8.1	+ 1.2

Nach dieser Zusammenstellung kommt die Exzentrizität von Mimas übereinstimmend aus den neueren vier Epochen etwas größer heraus als aus den Pulkowaer Beobachtungsreihen 1889—1891, nämlich im Mittel 0.0215, gegenüber 0.0190 in Vol. XI. Die Beobachtungen von Hammond und Barnard sprechen ferner dafür, daß die jährliche Vorwärtsbewegung der Apsidenlinie von Mimas gegenüber den Angaben in Vol. XI etwas vergrößert werden muß. Die beste Darstellung erhält man, wie aus der obigen Übersicht folgt, mit dem Werte

$$\Delta\pi = +365°55,$$

wenn man von den älteren und weniger sicheren Bestimmungen der Länge von π absieht.

Die Korrektionen der Bahnlagen.

Eine Übersicht über die Verbesserung der Bahnlageelemente gibt die folgende Tabelle (s. S. 126 und 127).

Die Bearbeitung dieser Beobachtungsresultate für die Bahnlagen der inneren Saturnstrabanten habe ich mit einer neuen Bestimmung der Ele-

mente des Saturnsäquators verbunden und in einem Aufsatz in den A. N. 4880 getrennt veröffentlicht. Die neuen Elemente für den Saturnsäquator und die Epoche 1889.25 waren

$$\Omega_1 = 167^\circ\ 59'.26 \qquad i_1 = 28^\circ\ 4'.51.$$

Die Ergebnisse für die aus den $d(\gamma \sin\theta)$ und $d(\gamma \cos\theta)$ abgeleiteten Knotenlängen Ω und Neigungen i sind dort ausführlich besprochen. Die in den Tabellen I—IV in den A. N. 4880 zusammengestellten Knotenlängen und Neigungen unterscheiden sich von den in den Auflösungen hier gegebenen Zahlenwerten insofern um kleine Beträge, als in den A. N. bereits die Korrektionen für Nutation und periodische Sonnenstörungen berücksichtigt waren (vgl. A. N. 4880 S. 136).

Die Korrektionen der Halbachsen und die Bestimmung der Masse von Saturn.

Schließlich sei noch mit einigen Worten auf die aus den einzelnen Beobachtungsreihen erhaltenen Verbesserungen der Halbachsen $\frac{da}{a}$ eingegangen (s. S. 128).

Die Washingtoner Beobachtungen sprechen demnach alle ohne Ausnahme für eine nicht unbeträchtliche Vergrößerung der angenommenen Werte der Halbachsen, welchen der reziproke Wert der Saturnsmasse $\mu_0 = 3500$ zugrunde liegt. Das gleiche gilt auch für die Beobachtungsreihen an der Yerkes-Sternwarte, wenn man hier von den weniger zahlreichen und nicht sehr sicheren Messungen der Verbindung Enceladus-Tethys absieht. Die innere Übereinstimmung der für jedes Jahr aus den verschiedenen Beobachtungsreihen abgeleiteten Korrektionen $\frac{da}{a}$ läßt in Washington nichts zu wünschen übrig, dagegen weisen die Zahlen für die verschiedenen Oppositionen untereinander nicht unerhebliche Schwankungen auf. Eine Änderung in den $\frac{da}{a}$ zeigt sich besonders deutlich in den Jahren 1905 bis 1908, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen ist, ohne daß man mit Sicherheit angeben kann, auf welche systematischen Einflüsse diese Erscheinung zurückzuführen ist. Beschränkt man sich auf die drei Verbindungen zwischen den Satelliten Rhea, Dione und Tethys

Die Korrektionen der

	Verbindung	$d(\gamma \sin \theta_0)_{Rh}$	$d(\gamma \cos \theta_0)_{Rh}$	$d(\gamma \sin \theta_0)_{Di}$	$d(\gamma \cos \theta_0)_{Di}$
1903	Rh-Di	+0.29 ±1.01	−3.90 ±1.02	−0.95 ±1.42	− 1.69 ±1.42
	Rh-Te	−0.47 ±0.82	−1.87 ±0.85		
	Di-Te			+2.38 ±1.41	− 2.77 ±1.31
	Te-En				
1904	Rh-Di	+1.86 ±1.01	−5.51 ±0.92	−0.67 ±1.22	− 2.30 ±1.49
	Rh-Te	−0.20 ±0.87	−2.97 ±0.89		
	Di-Te			−1.30 +1.05	− 2.25 +1.21
	Te-En				
1905—1906	Rh-Di	+1.82 ±0.56	−5.28 ±0.58	+0.26 ±0.80	− 0.03 ±0.80
	Rh-Te	+2.32 +0.53	−4.08 ±0.58		
	Di-Te			−1.50 ±0.95	− 0.95 ±0.96
1907—1908	Rh-Di	−1.28 ±0.40	−3.69 +0.41	−2.70 ±0.53	+ 0.73 ±0.61
	Rh-Te	+0.86 ±0.48	−2.15 +0.48		
	Di-Te			−2.11 ±0.60	+ 2.62 ±0.72
1905	Te-En				
1906	"				
1907	"				
1908	"				
1903—1904	Mi mit Rh, Di, Te, En				
1905—1906					
1907—1908					
1910—1912	Rh-Di	+0.63 ±1.54	+1.15 ±1.44	−2.12 ±1.60	− 6.15 +2.14
	Rh-Te	+4.36 ±2.09	+4.35 +1.74		
	Di-Te			+6.79 ±3.01	+11.31 +2.94
1912—1914	Rh-Di	+4.27 ±1.37	−6.19 ±1.37	+6.35 ±1.87	− 1.92 +1.85
	Rh-Te	+0.25 +1.50	−7.02 +1.46		
	Di-Te			+8.82 ±1.97	− 4.18 ±1.98
1910—1914	Mi				

Bahnlageelemente.

	Verbindung	$d(\gamma \sin\theta_0)_{Te}$	$d(\gamma \cos\theta_0)_{Te}$	$d(\gamma \sin\theta_0)_{En}$	$d(\gamma \cos\theta_0)_{En}$	$d(\gamma \sin\theta_0)_{Mi}$	$d(\gamma \cos\theta_0)_{Mi}$
1903	Rh-Di						
	Rh-Te	+ 5".50 ±1".35	− 1".27 ±1".64				
	Di-Te	+ 9.62 ±1.55	− 0.53 ±1.88				
	Te-En	− 1.94 ±3.99	−12.93 +4.44	−10".24 ±5".47	− 6".48 ±5".19		
1904	Rh-Di						
	Rh-Te	− 0.36 ±1.43	+ 4.46 ±1.74				
	Di-Te	− 1.01 ±1.36	+ 5.03 ±1.52				
	Te-En	+ 4.56 ±2.84	− 0.31 ±3.04	+ 8.21 ±3.26	+10.68 ±4.08		
1905—1906	Rh-Di						
	Rh-Te	−10.58 ±1.15	− 1.34 ±0.90				
	Di-Te	− 5.58 ±1.37	+ 1.59 ±1.14				
1907—1908	Rh-Di						
	Rh-Te	− 1.72 ±0.87	+ 7.23 ±0.85				
	Di-Te	− 4.39 ±0.85	+ 6.48 ±0.79				
1905	Te-En	− 4.91 ±2.97	− 1.52 ±2.21	− 5.95 ±3.87	+ 1.41 ±3.52		
1906	"	− 7.89 ±2.88	+ 0.91 ±2.65	+ 0.07 ±5.06	− 5.88 ±3.23		
1907	"	− 7.46 ±1.87	+14.39 ±1.78	− 4.54 ±2.22	+11.39 ±2.92		
1908	"	− 5.38 ±2.20	− 0.66 ±2.18	+ 6.99 ±2.93	+ 0.78 ±2.37		
1903—1904	Mi mit Rh, Di, Te, En					− 9".08 ±8".89	−16".27 ±8".39
1905—1906						−11.31 ±3.37	− 3.09 ±5.18
1907—1908						+ 4.71 ±2.80	− 1.65 ±5.15
1910—1912	Rh-Di						
	Rh-Te	+ 0.54 ±3.20	+ 4.78 ±3.57				
	Di-Te	− 4.16 ±3.69	+ 5.45 ±3.36				
1912—1914	Rh-Di						
	Rh-Te	− 0.79 ±2.58	− 1.22 ±2.41				
	Di-Te	+ 3.16 ±2.48	−14.31 ±2.53				
1910—1914	Mi					− 0.86 ±7.03	+ 5.00 ±7.01

Zusammenstellung der Korrektionen der Halbachsen und der daraus abgeleiteten Massenwerte μ für Saturn.

Jahr	Verbindung	Ort	$\frac{da}{a}$	w. F.	μ	w. F.	Gewicht
1903	Rh-Di	Washington	+0.00129	±0.00022			
	Rh-Te	»	+0.00125	± 21	3486.8	±1.5	1
	Di-Te	»	+0.00124	± 30			
	Te-En	»	+0.00031	± 95			
1904	Rh-Di	»	+0.00071	+0.00024			
	Rh-Te	»	+0.00188	± 22	3486.1	±1.5	1
	Di-Te	»	+0.00136	± 25			
	Te-En	»	+0.00165	± 49			
1905	Rh-Di	»	+0.00262	±0.00019			
	Rh-Te	»	+0.00188	± 16	3476.7	±1.3	1
	Di-Te	»	+0.00216	± 27			
	Te-En	»	+0.00175	± 28			
1906	Rh-Di	»	+0.00170	±0.00037			
	Rh-Te	»	+0.00113	± 28	3486.4	±2.1	1
	Di-Te	»	+0.00107	± 37			
	Te-En	»	+0.00067	± 41			
1907	Rh-Di	»	+0.00081	±0.00019			
	Rh-Te	»	+0.00118	± 14	3488.6	±1.1	1
	Di-Te	»	+0.00128	± 19			
	Te-En	»	+0.00110	± 32			
1908	Rh-Di	»	+0.00055	+0.00020			
	Rh-Te	»	+0.00072	± 24	3494.0	±1.4	1
	Di-Te	»	+0.00045	± 22			
	Te-En	»	+0.00190	± 45			
1910—1912	Di-Rh	Yerkes-Obs.	+0.00067	±0.00036			
	Te-Rh	»	+0.00113	± 48	3492.1	±3.4	$\frac{1}{2}$
	Te-Di	»	+0.00105	± 82			
1912—1914	Di-Rh	»	+0.00140	±0.00031			
	Te-Rh	»	+0.00173	± 33	3480.5	±2.3	$\frac{1}{2}$
	Te-Di	»	+0.00244	± 49			
1910—1911	En-Te	»	−0.00020	±0.00079			
1911—1912			+0.00182	±0.00117			
1912—1913			+0.00210	±0.00066			
1913—1914			−0.00050	±0.00103			

und bildet man Mittelwerte von $\frac{da}{a}$, wobei man den drei voneinander unabhängig gewonnenen Werten stets das gleiche Gewicht gibt, so erhält man

Epoche	$\frac{da}{a}$	w. F
1903	+ 0.00126	± 14
1904	+ 0.00132	± 14
1905	+ 0.00222	± 12
1906	+ 0.00130	± 20
1907	+ 0.00109	± 10
1908	+ 0.00057	± 13
1910—1912	+ 0.00975	± 32
1912—1914	+ 0.00186	± 22

und im Mittel aus acht Epochen, den Barnardschen Werten halbes Gewicht gebend,

$$\frac{da}{a} = + 0.00130 \pm 0.00013,$$

wo der w. F. aus der Übereinstimmung der Jahresresultate abgeleitet ist.

Für die einzelnen Halbachsen würden daraus folgende Vergrößerungen folgen:

Rhea:	76".170	+ 0".099	= 76".269
Dione:	54.543	+ 0.071	= 54.614
Tethys:	42.586	+ 0.055	= 42.641
Enceladus:	34.401	+ 0.045	= 34.446
Mimas:	26.814	+ 0.035	= 26.849.

Bildet man den Mittelwert für $\frac{da}{a}$ andererseits aus den Einzelresultaten der verschiedenen Epochen auf S. 128, mit Berücksichtigung der in den wahrscheinlichen Fehlern ausgedrückten Gewichte, so ergibt sich aus den Verbindungen zwischen Rhea, Dione und Tethys:

$$\frac{da}{a} = + 0.00131 \pm 0.00008,$$

Bleibt man bei dem ersten Wert stehen, der mit dem letzteren fast genau übereinstimmt, so erhält man weiter nach der Formel

$$\frac{d\mu}{\mu_0} = -3 \cdot \frac{da}{a},$$

$$d\mu = -13.6 \pm 1.3,$$

und damit als Endergebnis für die reziproke Saturnsmasse

$$\mu = \mathbf{3486.4 \pm 1.3}.$$

Die getrennt aus den einzelnen Jahren folgenden reziproken Massenwerte sind in der Tabelle S. 128 in der Spalte μ aufgeführt.

Auf Grund der Messungsreihen der Elongationen von Titan in Berlin und Königsberg hatte H. Struve[1] für die reziproke Masse des Planeten

$$\mu = 3495.0 \pm 0.6$$

abgeleitet. Aus den Pulkowaer Reihen hatte sich früher sehr nahe derselbe Zahlenwert ergeben, nämlich

$$\mu = 3495.3.$$

Der Unterschied zwischen der neuen Bestimmung und den beiden älteren ist also ein recht auffallender und übersteigt erheblich den zufälligen Fehler. Es liegt natürlich nahe, ihn durch systematische Fehler in der Messung der Distanzen oder in der Bestimmung des Schraubenwerts der angewandten Mikrometer zu erklären. Nach den eingehenden Untersuchungen von H. Struve erscheint es nun zwar wenig wahrscheinlich, daß der von ihm auf verschiedenen Wegen und mit verschiedenen Instrumenten hergeleitete Wert von μ noch eine wesentliche Änderung erfahren wird. Da aber andererseits die Beobachtungsreihen von Hussey am Lick-Refraktor 1901 (A. N. 3885—86, S. 333) gleichfalls zu einem kleineren Wert von μ führen, und auch einige andere frühere Beobachtungsreihen in diesem Sinne sprechen, so bleibt die Frage zunächst noch eine offene und wird erst durch weitere Beobachtungsreihen der äußeren Saturnsmonde endgültig entschieden werden können.

[1] Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften, Berlin 1908.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 3
Zusammenstellung der zur Ableitung der Bahnelemente benutzten Formeln 5
Über die Beobachtungen und ihre Reduktion 9
Die Reduktion der Beobachtungsreihen am Naval-Observatory 17
Die Reduktion der Beobachtungsreihen am Yerkes-Observatory 79
Zusammenstellung der Beobachtungsresultate in Washington und an der Yerkes-Sternwarte 110

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

NR. 2

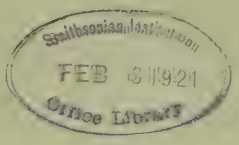
AUS DER ANTHROPOIDENSTATION AUF TENERIFFA

IV. NACHWEIS EINFACHER STRUKTURFUNKTIONEN BEIM SCHIMPANSEN UND BEIM HAUSHUHN

ÜBER EINE NEUE METHODE ZUR UNTERSUCHUNG DES BUNTEN FARBENSYSTEMS

VON

DR. WOLFGANG KÖHLER



BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

NR. 2

AUS DER ANTHROPOIDENSTATION AUF TENERIFFA

IV. NACHWEIS EINFACHER STRUKTURFUNKTIONEN BEIM SCHIMPANSEN UND BEIM HAUSHUHN

ÜBER EINE NEUE METHODE ZUR UNTERSUCHUNG DES BUNTEN FARBENSYSTEMS

VON

DR. WOLFGANG KÖHLER

Smithsonian Institution
FEB 8 1921
Office Library

BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Vorgelegt von Hrn. Stumpf in den Gesamtsitzungen am 19. Juli 1917 und am 2. Mai 1918.
Zum Druck eingereicht am letzteren Tage, ausgegeben am 20. Juli 1918.

I.

1. Die Zahl der tierpsychologischen Untersuchungen, deren Methode in der sogenannten »Wahldressur« besteht, ist allmählich sehr groß geworden. Danach erscheint es angebracht, einmal von den speziellen sinnesphysiologischen Fragen abzusehen, die in jenen Experimenten hauptsächlich beantwortet werden, und dafür das allgemeinere Problem zu behandeln, welche Prozeßarten im Tier an einer solchen Wahldressur beteiligt sind.

Das Tier lernt und vollzieht damit eine Gedächtnisleistung, es lernt an Sinnesmaterial, also schließt sich die Lernwirkung an sensorische Prozesse an. Nur die Ausbildung von Gedächtniswirkungen scheint hier noch schwere Probleme zu enthalten, an was im einzelnen dagegen diese Wirkungen anknüpfen, danach fragen wir nicht lange, weil wir es zu wissen meinen: Was sollte es sein als die Empfindungsprozesse? Trotzdem wird im folgenden nicht die Natur der Gedächtniswirkung, sondern die Art der Prozesse untersucht, an die sich jene Wirkung anschließt.

Ein Beispiel macht klarer, worauf es ankommt: Das Tier habe gelernt, von zwei Farben der tonfreien Reihe, einer weißlichgrauen und einer schwärzlichgrauen, jene zu wählen und diese zu meiden, etwa in der Richtung jener seine Nahrung zu suchen, nicht in der Richtung dieser. Knüpft die Dressur an Empfindungsprozesse an, so ergibt sich die vollkommen sinnvolle Deutung, daß sich an den einen Farbenprozeß sozusagen eine positive, an den andern eine negative Erfahrungswirkung geschlossen habe. Die eine treibt das Tier hinfort zur ersten Farbe, und die andere hält es von der zweiten Farbe fern. Im äußeren Resultat müssen die beiden Lernprodukte einander also unterstützen, und weshalb diese Theorie nicht den Tatsachen entsprechen sollte, ist vorläufig um so weniger einzusehen, als ja eine solche Dressur auf individuell bestimmte Empfindungs-

prozesse unter etwas anderen Bedingungen direkt nachgewiesen zu sein scheint, etwa durch Versuche nach der Pawlowschen Methode.

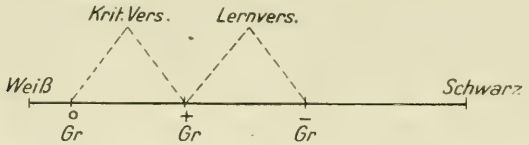
2. Wie zu erwarten ist, macht es für ein Lernprodukt der vorausgesetzten Art nicht viel aus, wenn nach abgeschlossener Dressur an Stelle der positiven Farbe oder der negativen eine (in der Reihe) benachbarte tritt. Die Tiere verhalten sich gegenüber den neuen von vornherein ähnlich wie gegenüber den alten Farben, und das gilt auch noch, wenn beide Farben zugleich durch je eine Nachbarfarbe ersetzt werden. Da allgemein Gedächtniswirkungen nicht auf ein absolut festbestimmtes reproduzierendes Moment allein ansprechen, sondern gleichartige Reproduktionen auch dann noch zustande kommen, wenn das reproduzierende Moment innerhalb einer gewissen Zone, der sogenannten Substitutionsbreite, verschoben wird, so stellt diese Erscheinung keine Schwierigkeit für die Theorie dar. Nur das eine ist zu verlangen: Je mehr wir uns bei Verschiebung des reproduzierenden Momentes von dessen ursprünglichem Platz (der ursprünglichen Dressurqualität) entfernen, desto schwächer muß die reproduzierende Wirkung allmählich werden. Oder auch: Das Lernprodukt muß sich gegenüber dem reproduzierenden Moment im groben ähnlich verhalten wie ein Resonator gegenüber einer variablen Schwingung; abgestimmt auf eine absolute Frequenz (Eigenton), spricht ja auch der Oszillator nicht nur auf genau diese Schwingungszahl an, sondern mit gesetzmäßig abnehmender Amplitude auch auf benachbarte Frequenzen.

Das Gleichnis ist natürlich schief insofern, als der Resonator im allgemeinen die Frequenz der erregenden Schwingung übernimmt, auch wenn diese von seiner Eigenfrequenz abweicht. Er reagiert also unter Variation der Amplitude mit gesetzmäßiger qualitativer Anpassung der Funktion. Nichts davon enthält das einfache Assoziationsprinzip, um das es sich hier handelt: Eine und dieselbe Reproduktionstendenz tritt — nur mit gesetzmäßig variierender Stärke — ohne qualitative Anpassung auf bei Variation des reproduzierenden Momentes innerhalb einer gewissen Zone.

Aber die Leistungsfähigkeit der Theorie geht noch weiter. Denken wir uns eine der beiden Farben, etwa die positive, nach abgeschlossener Dressur dauernd festgehalten, die negative dagegen ein wenig verschoben, und zwar in Richtung nach der positiven hin, so haftet auch an der veränderten Farbe noch eine negative Dressurwirkung. Falls sie bereits etwas abgeschwächt erscheinen sollte, wird geringe Übung genügen, um die neue Farbe ebenso sicher negativ zu machen, wie die alte es war. Das läßt sich in kleinen Schritten, immer auf die positive Farbe zu, oftmals

wiederholen, bis endlich beide Farben einander ganz nahe kommen. Solange die beiden »Substitutionszonen« einander noch nicht berühren, ja, auch wenn sie sich treffen und nur noch nicht zu sehr ineinandergreifen, ist nach immer dem gleichen Prinzip dressurgemäßes Verhalten des Tieres möglich. Deshalb ist aus Versuchen dieser Art, wie sie z. B. angestellt werden, um die sogenannte Unterscheidungsfähigkeit von Tieren kennenzulernen, durchaus kein zwingender Einwand gegen die Theorie abzuleiten. Auch hier kann man sich, wenn man will, mit der Annahme begnügen, daß in jedem Stadium des Versuchs die Gedächtniswirkungen an den jeweiligen Farbenprozessen (mit Zone) haften.

3. Dagegen gibt es andere Methoden, die mit Schärfe zu bestimmen erlauben, ob die Theorie richtig ist oder nicht. Eine solche stellt das folgende Verfahren dar: Das Tier sei wieder mit zwei Farben der tonfreien Reihe dressiert; diese seien so gewählt, daß sie den (praktischen) Enden der Reihe, dem tiefsten (herstellbaren) Schwarz und dem hellsten Weiß nicht zu nahe kommen. Nach der Theorie ist jetzt z. B. die weißlichgraue Farbe positiv, die schwärzlichgraue negativ geworden. Mache ich also nach abgeschlossener Dressur plötzlich »kritische Versuche«, in denen jene Farbe $\overset{+}{gr}$ unverändert bleibt, dagegen $\overline{gr}$ durch eine ganz andere, unbekannte Grauнuance $\overset{\circ}{gr}$ aus dem weißen Ende der Reihe ersetzt wird, so ist für die Theorie kein Grund ersichtlich, weshalb $\overset{+}{gr}$ seinen positiven

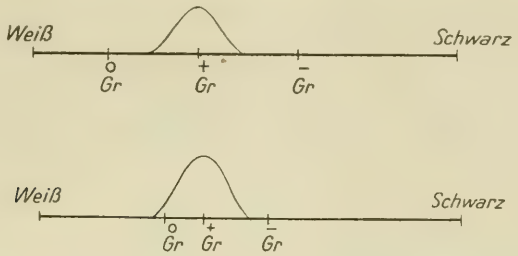


Wert verloren haben sollte, hängt doch dieser allein von dem (unverändert gelassenen) Empfindungsprozeß ab. Die neue Farbe $\overset{\circ}{gr}$, die zu $\overset{+}{gr}$ der qualitativen Richtung nach umgekehrt liegt wie $\overline{gr}$, kann offenbar keinen negativen Wert haben; denn sie ist ja von $\overline{gr}$ noch weiterentfernt als von $\overset{+}{gr}$, kann also nicht in die Substitutionszone von $\overline{gr}$ fallen. Ist sie ferner von $\overset{+}{gr}$ genügend entfernt, so fällt sie auch nicht mehr in die Substitutionszone von $\overset{+}{gr}$, d. h. sie kann auch keinen positiven Wert besitzen. — Im Ganzen ergibt sich, daß die neue Farbe für das Tier

»neutral« sein muß. Da dieses nunmehr einer neutralen und einer positiven Farbe gegenübersteht, so wird es nach der Theorie diese letztere wählen müssen wie bisher. Allenfalls wird sich beim Wählen in einer Anzahl von Fällen herausstellen dürfen, daß die Dressurwirkung nicht ganz so stark mehr erscheint wie während der letzten Versuche mit dem ursprünglichen Farbenpaar; denn in diesen unterstützten einander der positive Wert der einen und der negative der andern Farbe, während jetzt nur noch der positive Wert der einen mit dem »Nullwert« sozusagen der andern zusammenwirkt.[1] Infolgedessen wird jetzt das Tier vielleicht einige Fehler machen, d. h. nicht immer $\overset{+}{gr}$, sondern bisweilen fehlerhaft $\overset{\circ}{gr}$ wählen. Immer aber wird die Mehrzahl der Wahlen in einer solchen Reihe (in der das Tier natürlich unbeeinflußt bleibt) auf $\overset{+}{gr}$ entfallen müssen, und es liegt durchaus kein Grund vor, weshalb etwa plötzlich das neutrale $\overset{\circ}{gr}$ häufiger gewählt werden sollte als das positive $\overset{+}{gr}$; ein solches Verhalten wäre von der Theorie aus gar nicht zu verstehen.

Hieran ändert sich nichts bei einer genaueren Betrachtung darüber, wie die neue Farbe $\overset{\circ}{gr}$ zu der alten $\overset{+}{gr}$ liegen kann. Sie fällt der Natur der Voraussetzung nach sicher nicht in die Substitutionszone von $\overline{gr}$; aber je nachdem, wie weit sie in der Reihe von $\overset{+}{gr}$ entfernt ist, kann sie entweder auch außerhalb der Substitutionszone dieser positiven Farbe liegen oder aber mehr oder weniger tief in dieser Zone. Im ersten Fall ist $\overset{\circ}{gr}$ schlechterdings neutral; im zweiten erhält es mehr oder weniger von dem positiven Wert der $\overset{+}{gr}$-Zone; immer aber bleibt auch im zweiten Fall der positive Wert, der ihm aus großer Annäherung an $\overset{+}{gr}$ erwachsen könnte, geringer als der positive Dressurwert von $\overset{+}{gr}$ selbst. Im äußeren Verhalten des Tieres wird also eine geringere Sicherheit der Wahl von $\overset{+}{gr}$, werden Fehler bei der Wahl vorkommen können; aber es bleibt doch dabei, daß $\overset{+}{gr}$ häufiger gewählt werden muß als das neutrale oder höchstens (durch Eintreten in die $\overset{+}{gr}$-Zone) etwas positive $\overset{\circ}{gr}$. (Die Kurve der Skizzen deutet die Stärke der Lernwirkung für $\overset{+}{gr}$ und seine Umgebung an.) Bezeichnen wir also mit N die Zahl von Versuchen (ohne Beeinflussung des Tieres), in denen diese Konsequenz geprüft wird, mit $\overset{+}{n}$ die Zahl der Fälle, in denen dabei die Wahl auf die positive Farbe $\overset{+}{gr}$ fällt, mit $\overset{\circ}{n}$ die Zahl der

[1] Die Ausdrücke »positiver, negativer Wert, Nullwert« sollen nur kurze, deutliche Kennworte sein, keineswegs aber als adäquate Bezeichnungen der Gedächtniswirkung gelten.



(fehlerhaften) Wahlen von $\overset{\circ}{gr}$, so ergibt sich als Bedingung für die Haltbarkeit der Theorie notwendig:

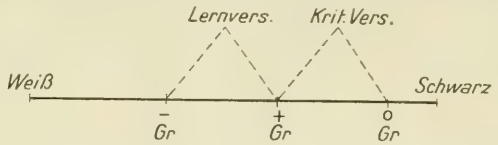
$$\overset{+}{n} > \overset{\circ}{n}, \text{ wo } \overset{+}{n} + \overset{\circ}{n} = N.$$

Allenfalls könnte man, wenn die »neutrale« Farbe der positiven sehr naherückt, also fast ebenso positiv wird wie diese, als äußerste Grenze zulassen, daß $\overset{\circ}{gr}$ ebensooft gewählt werde wie $\overset{+}{gr}$; dann heißt das Kriterium, welches die Theorie zu erfüllen hat:

$$\overset{+}{n} \geqq \overset{\circ}{n}.$$

Sorgt man dafür, daß $\overset{\circ}{gr}$ genügend weit von $\overset{+}{gr}$ entfernt ist — etwa ebenso weit oder weiter als vorher $\overline{gr}$ von $\overset{+}{gr}$ — so fällt der Verdacht fort, daß $\overset{\circ}{gr}$ noch der Substitutionszone von $\overset{+}{gr}$ angehören könne, und nur die Ungleichung bleibt mit der Theorie verträglich. Über den Grenzfall der Gleichheit aber kann man vom Standpunkt der Theorie überhaupt auf keine Weise hinauskommen.

Dieselbe Überlegung gilt ohne weiteres für den Fall, daß das Tier in der ursprünglichen Dressur die schwärzlichgraue Farbe zu wählen gelernt hat: Setzen wir plötzlich an Stelle der weißlichgrauen (hier also



negativen) eine schwarze neutrale Farbe aus dem Gebiet jenseits der bisher positiven, so muß wieder diese positive Farbe über die neutrale (oder nach dem Vorstehenden höchstens schwach positive) neue Farbe siegen, und das Tier muß sich häufiger für jene als für diese entscheiden. (In dem Schema ist jetzt die Bedeutung der Zeichen vertauscht: $\overset{+}{gr}$ ist jetzt dunkel-

grau, $\overset{-}{gr}$ hellgrau, $\overset{\circ}{gr}$ liegt noch weiter nach dem schwarzen Ende der Reihe hin als $\overset{+}{gr}$.)

Bezeichnen wir stets die positive Dressurfarbe (ohne Rücksicht darauf, welche Qualität das jeweils ist) mit dem Zeichen +, die neutrale der kritischen Versuche mit ○, also auch die Wahlhäufigkeiten in diesen Versuchen mit $\overset{+}{n}$ und $\overset{\circ}{n}$, so muß an die Theorie allgemein die Anforderung gestellt werden:

$$\overset{+}{n} > \overset{\circ}{n}.$$

4. Eine vorläufige Prüfung wurde (Dezember 1914 und Januar 1915) an vier Hühnern vorgenommen, deren Dressur und deren Untersuchung in anderer Richtung (Oberflächenfarben) schon beschrieben ist[1]. Sie hatten mit den Papieren 5 und 30 der Zimmermannschen Serie gelernt; einige Versuche, in denen Papier 5 durch 3 ersetzt wurde, hatten keinerlei Unsicherheit hervorgebracht, nach der zu prüfenden Theorie muß also 3 tief in der Substitutionszone von 5 liegen, und die Prüfung dieser Theorie braucht nur auf 5 als Dressurfarbe Rücksicht zu nehmen. Für zwei der Tiere war 5 im Sinne der Theorie positiv gemacht, für die beiden andern umgekehrt das schwärzliche Papier 30. Alle vier waren wohl in ihrer Dressur so sicher, wie es Hühner überhaupt werden können; die Versuche der früheren Art (mit Umkehrung der Lichtstärken durch ungleiche Beleuchtung) waren soeben abgeschlossen.

Für kritische Versuche der neuen Fragestellung, also mit positivem und in der angegebenen Weise neutralem Papier, wurde den erstgenannten beiden Tieren das Farbenpaar $\overset{\circ}{1}$ und $\overset{+}{5}$, den beiden andern $\overset{+}{30}$ und $\overset{\circ}{49}$ vorgelegt, und sie wählten, ohne irgendwie beeinflußt zu werden, wie folgt:

	Huhn	$\overset{+}{n}$	$\overset{\circ}{n}$	N
W	II	2	8	10
	III	9	21	30
S	I	7	13	20
	V	8	17	25
	Sa.	26	59	85

[1] Abhandl. d. Berl. Akad. d. Wiss. Jahrg. 1915. Phys.-math. Klasse. Nr. 3. — Von den damals untersuchten Tieren konnte Huhn IV äußerer Gründe wegen zu dieser neuen Versuchsart nicht mehr herangezogen werden.

Die Versuchszahl der einzelnen Tiere ist so verschieden, da es sich in diesen vorläufigen Prüfungen nur darum handelte, überhaupt ein Bild von der Versuchsart zu erhalten, und deshalb jede Reihe abgebrochen wurde, sobald sie für das betreffende Tier einen deutlichen Eindruck ergeben hatte. — Das in kritischen Versuchen an Hühnern befolgte Verfahren ist früher geschildert worden; ich erinnere jedoch daran, daß die Tiere in solchen Wahlen von dem Papier, für das sie sich entschieden haben, alle Nahrung aufpicken können, ohne irgend dabei gestört zu werden: der Versuchsleiter ist in diesen Prüfungen vollkommen passiver Zuschauer, und die Tiere werden bei jeder Wahl, einerlei wie sie ausfällt, genau so behandelt, als hätten sie einen Lernversuch richtig bestanden. Für alle sonstigen Gesichtspunkte (Wechsel der Raumlage usw.) verweise ich auf die ältere Beschreibung. — Die Zeichen W und S in der Tabelle geben an, welche Tiere auf das weißliche, welche auf das schwärzliche Papier dressiert waren, und in welcher Richtung danach die jeweils hinzukommende neutrale Farbe liegt.

Da das Ergebnis in der Hauptsache bei jedem einzelnen Tier dasselbe ist, so darf man summieren und findet bei einer Gesamtversuchszahl, in der Zufälle längst nicht mehr zur Erklärung ausreichen, daß $\overset{+}{n}$, anstatt größer zu sein als $\overset{\circ}{n}$, nicht einmal halb so groß ist wie dieses. Die nach der Theorie neutrale Farbe wurde mehr als doppelt so oft gewählt wie die nach der Theorie positive.

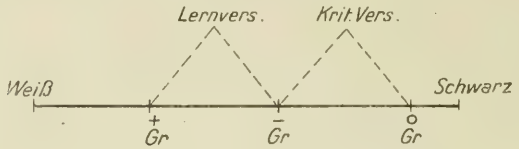
Die vier Tiere waren ursprünglich zu Zwecken dressiert worden, die es angebracht erscheinen ließen, die beiden Dressurfarben den Extremen der tonfreien Reihe einigermaßen nahe zu wählen. Infolgedessen sind die in den neuen Versuchen verwendeten Farben 1 und 5, 30 und 49 notwendig einander näher benachbart[1] als die ursprünglichen Dressurfarben 5 und 30, und vom Standpunkt der Theorie kann gesagt werden, 1 falle noch in die Substitutionszone von 5, 49 noch in die von 30. Ich mache noch einmal darauf aufmerksam, daß die Theorie zwar durch diesen Hinweis erklären könnte, weshalb etwa nicht in allen Fällen die alte positive Farbe gewählt werde, oder allenfalls noch, weshalb die Zahl $\overset{+}{n}$ sich der Zahl $\overset{\circ}{n}$ von oben annähere, aber auf keine Weise, weshalb $\overset{+}{n}$ soviel kleiner ist als $\overset{\circ}{n}$.

5. Da von den inneren Umständen, die ein Tier in solchen Versuchen zu beeinflussen vermögen, vorläufig wenig bekannt ist, und deshalb fast jede Vermutung hierüber mit einem Anschein von Berechtigung aufgestellt werden kann, so darf man auch den Einwand erheben, die neue Farbe als solche übe eben durch ihre Fremdheit einen Reiz aus, der noch

[1] Die Nummern, mit denen die Papiere bezeichnet sind, besagen hierfür nichts; 30 und 49 stehen einander trotz des großen Ziffernintervalls näher als 1 und 5.

stärker wirke als der positive Dressurwert der alten Farbe. — Um zu zeigen, wie es hiermit in Wirklichkeit steht, müssen wir einen Umweg machen und eine Überlegung anstellen, die von allgemeinerer Bedeutung für die experimentelle Behandlung auch der Hauptfrage ist.

Die Hauptfrage heißt: Haftet die Dressurwirkung in der Hauptsache am Empfindungsprozeß? Oder näher: Besteht das wesentliche Geschehen in einer Wahldressur darin, daß der eine Empfindungsprozeß einen positiven, der andere einen negativen Wert erhält? Das oben beschriebene und an vier Tagen angewendete Entscheidungsverfahren behandelt nur den (nach der Theorie) positiven Empfindungsprozeß, und man kann nun ein ganz analoges Verfahren gegenüber der negativen Farbe anwenden, also nach Abschluß der Dressur die alte positive Farbe durch eine neutrale neue Farbe ersetzen, die (von der alten positiven aus) jenseits der negativen liegt (vgl. die Skizze, die den Fall einer Dressur »auf Weiß« dar-



stellt; für den Fall, daß »auf Schwarz« dressiert ist, gilt natürlich wieder ganz Entsprechendes). Das Tier hat jetzt zu wählen zwischen einer negativen und einer neutralen Farbe (im Sinne der Theorie), und in ganz ähnlichen Überlegungen wie oben findet man für diese Versuchsart als Anforderung an die Theorie:

$$\overset{\circ}{n} \succ \bar{n},$$

d. h. gegenüber einer negativen und einer neutralen Farbe müßte das Tier sich für die neutrale entscheiden. Wenn (vgl. oben) Gründe dafür bestehen, daß Fehler vorkommen, so können sie doch immer nur zu einer Annäherung der Zahl $\bar{n}$ an $\overline{n}$ von oben führen, die neutrale Farbe muß aber auf jeden Fall häufiger gewählt werden als die negative.

Eine vorläufige Prüfung wurde an denselben Tieren vorgenommen, d. h. den mit $\overset{+}{5}$ und $\overline{30}$ dressierten wurde $\overline{30}$ und $\overset{\circ}{49}$ vorgelegt, den andern beiden $\bar{5}$ und $\bar{1}$. Sie wählten unbeeinflußt:

Huhn		$\bar{n}$	$\bar{\bar{n}}$	N
II	W	3	10	13
III		10	10	20
I	S	4	16	20
V		9	16	25
	Sa.	26	52	78

In diesem Fall hat ein Tier (das auch sonst den andern nicht gleichwertige Huhn III) gegenüber den sehr eng benachbarten Farben ganz versagt, so daß seine Wahlen, die auch Zufallsprodukte sein könnten, an und für sich nicht viel besagen. Vielleicht hätte auch dieses Tier entschiedener gewählt, wenn die Farben weniger eng benachbart gewesen wären. Rechnen wir seine Zahlen mit ein — wodurch ja offenbar die Theorie noch günstig behandelt wird; denn die andern drei entscheiden gegen diese — so ergibt sich, daß $\bar{n}$, anstatt größer zu sein als $\bar{\bar{n}}$, die Hälfte von $\bar{\bar{n}}$ beträgt. Die nach der Theorie negative Farbe wurde doppelt so oft gewählt wie die nach der Theorie neutrale.

6. Gegenüber den letztbeschriebenen Versuchen ist folgender Einwand möglich: Zwar haben die Tiere zwischen einer negativen und einer neutralen Farbe zu wählen; aber man muß bedenken, daß doch die negative Farbe aus den Dressurversuchen wohlbekannt, gewohnt ist im Gegensatz zu der fremden neutralen. Es wäre denkbar, dass hier die Bekanntheit jener über die Fremdheit dieser den Sieg davongetragen hat, trotz der Negativität der Dressurfarbe.

Man kann das anführen. Aber es ist nicht statthaft, hier eine solche und bei Versuchen der ersten Versuchsart gerade die entgegengesetzte Hypothese zu machen: daß die Fremdheit einen positiven Reiz bilde, noch stärker als positiver Dressurwert und Bekanntheit zusammengenommen (vgl. oben den Beginn von 5). So folgt, daß mindestens die Ergebnisse einer von beiden Versuchsarten der Theorie auf jeden Fall zuwiderlaufen.

Und es ist wirklich so, daß nur die eine Methode zu einer strengen Behandlung der Frage taugt. Führt man in abgeschlossene Dressuren an Hühnern unerwartet Umstände ein, die so neu und abweichend sind, daß der Wechsel dem Tiere auffallen muß, so ist die erste Reaktion, wie man

ohne weiteres sieht, eine Art Schreck oder Befremden; bisweilen sinken die Hühner in solchen Fällen geradezu auf den Boden[1], und niemand wird den Eindruck haben, daß die Neuigkeit anziehend auf sie wirkt. Betrifft die Veränderung eine von zwei Dressurfarben — immer in dem Maße natürlich, daß das Versuchstier auf den Wechsel aufmerksam wird — so zeigt sich eine gewisse Tendenz, unbekümmert um die speziellen Bedingungen der vorausgehenden Dressur (um »positiven und negativen Dressurwert«) in der Richtung zu wählen, die von früher her der Art nach bekannt ist. Die Hühner sind in dieser Hinsicht und unter den Versuchsumständen mehr konservativ als neugierig, und es sieht so aus, als wäre Bekanntschaftswirkung schlechthin mit positiver Dressurwirkung einigermaßen verwandt. Bringt man also die negative Farbe der Dressur plötzlich anstatt mit der positiven mit einer unbekannten neutralen Farbe zusammen, so wird, ganz abgesehen von allen sonstigen Einflüssen, der überhaupt bekannten Farbe (also der eigentlich negativen) eine Art »falschen Pluswertes« erwachsen, der ihren »negativen Dressurwert« z. T. aufheben könnte[2]. Die zweite Versuchsart ist danach nicht streng beweisend gegenüber der Theorie; es gibt wirklich ein Moment, das in irgendeinem Maße der Bedingung $\mathring{n} > \bar{n}$ entgegenwirkt und dadurch die Ergebnisse mehrdeutig macht.

Um so entscheidender werden die Versuche der ersten Art. Hier steht eine unbekannte neutrale Farbe mit einer bekannten und positiven in Konkurrenz; hier würde die Bekanntheitswirkung theoriegemäße Wahlen begünstigen müssen. Fallen also die Versuche trotzdem gegen die Theorie aus, so ist a fortiori gegen sie entschieden. Im folgenden werden nur die Ergebnisse des ersten Verfahrens (Prüfung an positiver und neutraler Farbe) als streng beweisend angesehen.

7. Die Wahrnehmung, die der erwachsene Mensch von den Versuchsfarben der Hühner hat, ist allein von Empfindungsprozessen aus nicht vollständig zu verstehen. Bei der speziellen Anordnung, in der die beiden verschiedenen Farben einander in sonst symmetrischer Gestalt und in strengen,

[1] Ich übertreibe nicht.

[2] Man sieht, wie wesentlich es ist, daß bei irgendeiner Art der früheren kritischen Versuche (Oberflächenfarben, Sehgröße), in denen plötzliche Veränderungen (Beleuchtung, Entfernung) einer Dressurgegebenheit erfolgen, die früher von mir als »leichte« bezeichneten Versuche nicht unterbleiben. In ihnen trifft die Veränderung gerade die andere Dressurgegebenheit, und man sichert sich durch sie dagegen, daß etwa das Bekanntheits-Fremdheitsmoment stark genug wirkt, um auf die Ergebnisse einen fälschenden Einfluß auszuüben.

einfachen Formen gegenüberliegen[1], findet die Selbstbeobachtung als in erster Linie charakteristisch nicht die eine Farbe ganz für sich, außerdem die andere für sich, sondern das Zueinander beider.

Die Psychologie solcher Funktionen ist bei weitem nicht so entwickelt wie die der Empfindungen, obwohl es kaum Untersuchungen über Empfindungen gibt, die nicht der Methode nach zum großen Teil auf jenen höheren Prozeßarten beruhten. Und natürlicherweise müssen sie auf ihnen beruhen, kommt doch die Mehrzahl aller Versuche über Empfindungen auf ein Vergleichen heraus; und Messungen von »Unterschiedsschwellen« nach der Grenzmethode z. B. sind phänomenologisch nichts anderes als Bestimmungen darüber, wann ein charakteristisches Zueinander verschwindet oder eben entsteht.

Die Phänomenologie des menschlichen Bewußtseins unterscheidet zwei Arten, in denen das Zueinander von Farben (ebenso wie von anderen Phänomenen) auftreten und wirksam werden kann: Farbengestalten und wahrgenommene Farbverhältnisse.

Jeder Versuch, die erste Gruppe auf die zweite zu reduzieren, Gestalten als Bezüge, nötigenfalls als Vielheiten von Bezügen zu erklären, muß an der Tatsache scheitern, daß maximal charakterisierte Gestaltwirkungen möglich und häufig sind, wenn zugleich von einem Beziehungsbewußtsein überhaupt keine Rede sein kann[2].

Hierüber wird man sich um so weniger täuschen können, je mehr man gewöhnt ist, Konstruktionen rücksichtslos zugunsten wirklicher Phänomenologie zu verbannen. Auf dem Gebiet der Raumgestalten darf man z. B. nicht (wie das kürzlich geschehen ist) die Anschauung eines Kreises als wesentlich in der stetig gleichbleibenden Entfernungsbeziehung der Peripherieelemente zum Mittelpunkt gegeben erachten. Die Phänomenologie zeigt, daß ein Kreis auch ohne mitgegebenes Zentrum anschaulich vollkommen charakterisiert sein kann, daß die damit fortfallenden Verhältniswahrnehmungen also unwesentlich für die Konstitution des anschaulichen Kreises sind, daß schließlich der Mittelpunkt durch »Hinzuvorstellen« nicht entfernt genau genug festgelegt werden könnte, um die sehr scharf bestimmte (gegen Abweichungen höchst empfindliche) Kreisanschauung auf diesem Umweg zu fundieren. —

Wohl aber scheint das Umgekehrte zu gelten: Gegenüber Paaren von Farben (unter gewissen Bedingungen: Paaren von Farbgruppen) kann der Mensch seine Gestaltwahrnehmung in den Zustand bringen, den man »Ver-

[1] Vgl. die Skizze des Versuchsbrettes a. a. O., S. 56.

[2] So mit aller Entschiedenheit auch V. Benussi, Zeitschr. f. Psychol. **69**, S. 281, 288, 291. Hier auch der Hinweis, daß Beziehungen ästhetisch (relativ) gleichgültig sind, sehr im Gegensatz zu Gestalten.

hältniswahrnehmung« nennt. In der ursprünglichen und naiven Bedeutung dieses Wortes, die man ihm lassen sollte, liegt etwas vom »aktiven Herausfassen« des Paares, von »Explizitmachen des speziellen Zueinander«, wie dergleichen sonst durchaus nicht für das Sehen einer Farbengestalt erforderlich ist. Sogar das, was man ein Vergleichsurteil über die beiden Farben des Paares nennt — »sie sind verschieden, die rechts ist röter« usw. — scheint, abgesehen vom sprachlichen Ausdruck, im wesentlichen ebenfalls auf diese »gespannte« Art hinauszukommen, die das Erleben einer Zweifarbengestalt während der Verhältniswahrnehmung annimmt.

Da über die Fragen gestritten wird, in welcher Weise das Zueinander des Sinnesmaterials phänomenal auftritt, welche Untergruppen der Erscheinungsweise sich ergeben, und wie sie etwa unter sich zusammenhängen, so trifft es sich günstig, daß für die — überall noch sozusagen massiveren, gröberen — Probleme der Tierpsychologie solche wichtigen Unterscheidungen der menschlichen Phänomenologie zunächst beiseite bleiben können. Gegenüber Tieren ergeben sich vorderhand nur einfache Fragen nach vorkommenden Funktionsarten, und vom rein funktionellen Standpunkt (vgl. die Gegenüberstellung von funktioneller und phänomenologischer Betrachtungsweise bei Koffka, Zur Analyse der Vorstellungen und ihrer Gesetze, Leipzig 1912) haben Gestalt- und Verhältniswahrnehmungen immerhin soviel Gemeinsames, daß wir für Tiere vorläufig auf eine Spezialisierung verzichten dürfen. Wenigstens gilt das von dem Fall der Farbenpaare, mit denen wir hier experimentieren.

8. Das funktionell Gemeinsame von Gestalt- und Bezugswahrnehmung an Paaren wird für unsern Zusammenhang durch folgende Angaben genügend gekennzeichnet:

a) Die einzelnen Farben, die in ein Paar eingehen, erwerben eine innere Bindung[1]. Ihre Rolle in dieser, einerlei ob es sich um Gestalt oder Bezug handelt, verdanken sie nicht ihrer absoluten Qualität, sondern in erster Linie ihrer gegenseitigen Lage in dem betreffenden System, also ihrer Lage zueinander im Farbenkörper, gegebenenfalls in einer Qualitätenreihe[2]. Der Charakter der Bindung entspricht dieser gegenseitigen Lage im System.

[1] So im Gegensatz zu äußerlicher Bindung irgendwelcher Elemente in reiner Berührungsassoziation.

[2] Unter einer Qualitätenreihe verstehe ich mit G. E. Müller eine Reihe wie die vom Rot zum Gelb, nicht etwa die Gruppe Gelb, Grün, Blau, Rot. Ein unordentlicher Sprachgebrauch, der beides durcheinanderwirft, kann nur Schaden bringen.

Satz a enthält genau genommen insofern eine Art Zirkel, als der Farbenkörper nur auf Grund von wahrgenommenen Gestalten oder sachlichen Bezügen konstruiert werden kann. Eine Farbe wird im Farbenkörper da und dahinverlegt, weniger weil sie so und so beschaffen ist, als weil sie sich so oder so zu anderen Farben verhält. Diese formale Schwierigkeit überwindet man, indem man etwa sagt: Alle Wege, auf denen ich durch fortgesetzte Vergleichungen usw. den Farbenkörper konstruieren könnte, ergeben offenbar gute Übereinstimmung des Gesamtresultates, also auch jedes »Farbenortes«. Farbensystem und einzelner Farbenort werden damit von speziellen (und deshalb von erlebten Bezügen) unabhängig, und nun kann man von dem Farbenkörper und seinem Aufbau reden, als handle es sich um einen objektiven »Gegenstand«, der mit Gestalt- und Bezugswahrnehmungen nichts zu tun habe. — Übrigens strebe ich hier keine mustergültige Formulierung des Gemeinten an: sie ist schwer und für unsern Zusammenhang nicht erforderlich.

b) Falls die gegenseitige Lage der Farben bei Wechsel der absoluten Qualitäten erhalten bleibt, werden Gestalt und wahrgenommener Bezug transponiert. Das wichtigste Beispiel, in dem die angegebene Bedingung erfüllt ist, erhält man durch Verschiebung der Farben innerhalb einer Qualitätenreihe.

Infolge von Satz b kann sich besonders eklatant zeigen, daß die einzelne Farbe ihre Rolle in der Gestalt und in der wahrgenommenen Beziehung nicht ihrer absoluten Qualität verdankt. Es seien drei tonfreie Farben $\overset{1}{gr}$, $\overset{2}{gr}$, $\overset{3}{gr}$ gegeben, die in dieser Reihenfolge um etwa gleiche Schritte dunkler werden mögen. Dann spielt in der Zweifarbengestalt $(\overset{2}{gr}\ \overset{3}{gr})$ die Farbe $\overset{2}{gr}$ die Rolle der »hellen Seite«, in $(\overset{1}{gr}\ \overset{2}{gr})$ aber die der »dunklen«, während hier $\overset{1}{gr}$ die »helle« Seite des Paares ist usw. Bei der Verhältniswahrnehmung und -beurteilung heißt es: $\overset{2}{gr}$ heller $\overset{1}{gr}$, $\overset{2}{gr}$ dunkler $\overset{1}{gr}$, $\overset{1}{gr}$ heller $\overset{2}{gr}$, $\overset{2}{gr}$ ändert in der Zweifarbengestalt und in der Verhältniswahrnehmung vom ersten zum zweiten Fall seine Rolle, seinen Sinn oder wie man sagen will. Dagegen ist das Wesentliche des Zueinanders als solchen durch das Transponieren nicht beeinflußt worden: Beide Fälle stellen einander nächstverwandte Zweifarbengestalten dar, geben Möglichkeit zu gleichartigen Beziehungsurteilen; hier wie dort handelt es sich um eine »Hell-Dunkel-Gestalt«, hier wie dort ist »die eine Farbe heller als die andere«.

Oben wurde über die Verwandtschaft der beiden Funktionen die Annahme gemacht, daß die Gestaltfunktion primär ist und die Bezugswahrnehmung, die bei Zweifarbengestalten auftreten kann, aus jener Grundfunktion herausgebildet wird. Wer sich zu dieser Auffassung ablehnend verhält, wird doch wegen der auffallenden Parallelität gewisser wesentlicher Gestalt- und Bezugseigenschaften die Annahme wagen müssen, daß die »innere

Bindung« hier wie dort auf die gleiche Elementarfunktion zurückgeht. Aus Gründen, die leicht ersichtlich sind, später in einer andern Schrift übrigens näher angegeben werden, soll diese Elementarfunktion an Paaren hier ganz neutral als »Zueinander« oder »Strukturfunktion« bezeichnet werden. Sie hat also nur dem Gemeinsamen von wahrgenommener Gestalt und wahrgenommenem Bezug zu entsprechen, wie es oben kurz skizziert ist, und der Unterschied zwischen beiden sowie die Art ihrer Verwandtschaft wird im folgenden, bei der Untersuchung von Tieren, zunächst planmäßig außer acht gelassen. — Wo es sich um physiologische Erörterungen handelt, pflegt man von Prozeßarten zu sprechen; wie von Empfindungsprozessen ist dann auch von Strukturprozessen zu reden[1].

9. Die Anwendung auf Wahldressuren von Tieren ergibt sich leicht. Sieht in unserm Fall das Versuchstier zwei tonfreie Farben durch Strukturfunktion verbunden, so besteht auch die Möglichkeit, daß seine Dressur »auf eine der beiden Farben« nicht die absolute Qualität dieser, sondern die Seite betrifft, die die Farbe im Zueinander einnimmt, daß also das Tier z. B. nicht »auf diese ungefähr bestimmte weißlichgraue Farbe« dressiert ist, sondern »auf die helle Seite des tonfreien Zueinander«. Solange das ursprüngliche Paar Dressurfarben im Versuch beibehalten wird, muß sich dasselbe äußere Resultat ergeben, ob nun die eine oder die andre Deutung wirklich zutrifft; daher besteht auch die Möglichkeit, daß die Dressur sowohl an die absolute Qualität wie an die Strukturfunktion anknüpft, da ja beides auf das äußere Wählen des Tieres im gleichen Sinn wirkt. Falls aber das Lernen des Tieres sich in der Hauptsache auf die Struktur oder auf diese stärker als auf die absoluten Qualitäten bezieht, so ergibt sich für solche Transpositionen des Farbenpaares, wie sie mit vier Hühnern vorgenommen wurden, die Konsequenz: Wenn im Paar ($\overset{2}{gr}$ $\overset{3}{gr}$) etwa $\overset{2}{gr}$ positiv ist, wird dieselbe Farbe im Paar ($\overset{1}{gr}$ $\overset{2}{gr}$) negativ, während nunmehr $\overset{1}{gr}$ die positive Seite des Paares bildet. Auch das Lernprodukt muß also transponierbar sein. Eine absolute Dressur (die etwa

[1] Vgl. zu den beiden letzten Abschnitten O. Selz, Gesetze des geordneten Denkverlaufs (Stuttgart 1913), insbesondere S. 163f. Ich bin mit Selz nicht ganz einig über die Art, wie Sachverhältnisse erlebt werden. — Die physiologische Konsequenz wurde entwickelt und ihrer Tragweite nach erkannt von Wertheimer (1912). Von neuesten Schriften sind zu nennen: Bühler, Gestaltwahrnehmungen (Stuttgart 1913) und Koffka, Zeitschr. f. Psychol. 67, 72, 73, 1913, 1915.

nebenbei bestände) würde dem entgegenwirken; wenn aber an der Strukturfunktion die überwiegende Dressurwirkung haftet, so folgt doch für die Wahlhäufigkeiten in kritischen Versuchen an $(\overset{1}{gr}\ \overset{2}{gr})$ die Bedingung:

$$\overset{1}{n} > \overset{2}{n}\,,$$

wofern das neue Paar $(\overset{1}{gr}\ \overset{2}{gr})$ überhaupt ein hinreichend charakteristisches und mit dem früheren hinreichend verwandtes Zueinander bildet, die beiden Farben der kritischen Prüfung einander also nicht zu nahe liegen und beide noch in der Qualitätenreihe der Dressurversuche bleiben.

Ich habe schon oben (6) darauf hingewiesen, daß einer Entscheidung in diesem Sinn $(\overset{1}{n} > \overset{2}{n})$ nicht allein etwaige absolute Dressurwirkungen, sondern auch eine allgemeinere Tendenz der Tiere entgegenwirken muß, sich an irgendwie Bekanntes gegenüber Fremdem zu halten. Dieses Moment verdirbt sogar die Beweiskraft von Versuchen, in denen das Transponieren »nach der negativen Seite des Paares« erfolgt: Wurde in $(\overset{2}{gr}\ \overset{1}{gr})$ $\overset{1}{gr}$ nicht gewählt, so könnte doch eine Tendenz bestehen, gegenüber $(\overset{3}{gr}\ \overset{1}{gr})$ gerade $\overset{1}{gr}$ zu wählen, weil es der bereits bekannten Farbzone angehört (oder auch als einzelne Farbe überhaupt wenigstens bekannt ist). Ein solches Ergebnis, Bevorzugung der bisher negativen Farbe, wäre also nicht ohne weiteres auf die Wirksamkeit der Strukturfunktion zu beziehen; und wenn auch deren Überwiegen zu der Konsequenz führt:

$$n > n\,.$$

so ist doch hiermit nur eine notwendige, nicht eine hinreichende Bedingung dafür gegeben, daß die Dressur an der Strukturfunktion haftet. — In der ersten Versuchsart dagegen ist die Wirksamkeit der Strukturfunktion a fortiori erwiesen, wenn gegen die Wirkung etwaiger absoluter Dressur und Bekanntheit schlechthin $\overset{1}{n}$ größer als $\overset{2}{n}$ ausfällt. Daß durch das Bestehen sogenannter Substitutionszonen ein solches Ergebnis nicht zu erklären ist, falls in der angegebenen Weise transponiert wird, habe ich früher (3) ausführlich genug gezeigt. Aus jenen Erörterungen kann man auch ohne weiteres ersehen, daß eine Deutung durch »Konstellationswirkung« bei dieser Versuchsart gar nicht in Frage kommen kann[1].

Ich habe soeben die in Dressur und kritischen Prüfungen verwendeten tonfreien Farben mit gr, $\overset{1}{gr}$, $\overset{2}{gr}$, $\overset{3}{gr}$ bezeichnet und vorausgesetzt, daß gr

[1] Über diese Theorie vgl. die Ausführungen von Selz, a. a. O. S. 1 ff., S. 89 ff.

und $\overset{3}{gr}$ das Dressurpaar bilden, in welchem $\overset{2}{gr}$ zu wählen ist. In den früheren Überlegungen, die der Theorie ausschließlich absoluter Dressur gemäß gehalten waren, führte $\overset{2}{gr}$ den Namen $\overset{+}{gr}$, $\overset{-}{gr}$ hieß $\overset{1}{gr}$, $\overset{3}{gr}$ und $\overset{4}{gr}$ (die »neutralen« Farben) hießen beide $\overset{\circ}{gr}$. Das sind Namen, die ihren Sinn verlieren, wenn und insoweit die Wahlen nach der Lage im jeweiligen Zueinander geschehen und deshalb keine Farbe an und für sich positiv, negativ oder neutral ist. Drücken wir gemäß der angegebenen Zuordnung auch die Wahlhäufigkeiten der oben mitgeteilten Versuche durch $\overset{1}{n}$, $\overset{2}{n}$, $\overset{3}{n}$, $\overset{4}{n}$ aus, so war das Ergebnis an den vier Hühnern:

$$\overset{1}{n} > 2\overset{2}{n} \text{ in der ersten Versuchsart,}$$
$$\overset{3}{n} = 2\overset{4}{n} \text{ in der zweiten Versuchsart,}$$

beides den Bedingungen für Wirksamkeit der Struktur gut entsprechend. In der ersten Versuchsart, der entscheidenden, hat jedes der vier Tiere für sich im gleichen Sinn gewählt, in der zweiten hat Huhn III gegenüber dem wenig ausgeprägten Zueinander (der Farben 30 und 49) anscheinend vollständig versagt[1].

10. Noch ein Huhn wurde auf dieselbe Weise untersucht, nur wurde diesmal vermieden, in kritischen Wahlen zu einem relativ so engen Intervall wie dem der Farben 30 und 49 überzugehen. Huhn VI (dressiert vom 30. 1. bis zum 11. 2. 1915) lernte in dem Farbenpaar 5 und 24 (Zimmermann-Serie) die helle Farbe wählen.

Das wurde dem Tier leider gar nicht leicht, und zwar aus demselben Grunde, der das Huhn III früher so behinderte: Mitten in der Dressur fielen die Leistungen allmählich immer mehr ab, bis endlich das erste Ei entstanden war. Danach kam das Lernen besser voran, und schon das zweite Ei wurde hastig zwischen zwei richtigen Wahlen einer Versuchsreihe gelegt, ohne daß die Vorbereitungen eine neue Störung veranlaßt hätten.

Erst nach etwa 1000 Versuchen erschien das Tier hinreichend sicher; in den letzten 200 Wahlen entschied es sich nur noch 7 mal fälschlich für die dunkle Farbe. Danach wurde die Prüfung vorgenommen, deren Verlauf ich in diesem Fall etwas ausführlich beschreibe, um ein besseres Bild von der Versuchsart zu geben.

[1] Diese Deutung ist wohl der andern vorzuziehen, daß das Tier ebensooft absolut wie strukturgemäß »gewählt« habe.

	12. 2. 15.	
10.10^h	Farben 5 u. 24, 25 Lernversuche . .	1 Fehler,
11.10	Farben 1 u. 5, 25 krit. Versuche der entscheidenden Art	im Sinn absoluten Lernens 7, der Struktur 18 Wahlen,
3.15	Farben 5 u. 24, 25 Lernversuche . .	2 Fehler,
4.30	Farben 24 u. 49, 25 krit. Versuche	2 Wahlen im absoluten, 23 im Strukturs inn.
	13. 2. 15.	
10.00^h	25 Lernversuche	3 Fehler,
11.00	20 Lernversuche	1 Fehler.
12.15	25 krit. Versuche der strengen Art	im absoluten Sinn 6 Wahlen, im Sinn der Struktur 19,
2.00	25 Lernversuche	fehlerfrei,
3.20	25 krit. Versuche (mit Farben 24 u. 49)	im Sinn absoluter Dressur 8, im Sinn der Struktur 17 Wahlen.

Im ganzen ergibt sich also: Unter 120 Lernversuchen sind 7 Fehler vorgekommen, d. h. das Lernprodukt ist während der Prüfung in befriedigendem Zustand. — In 50 kritischen Versuchen, das Zueinander transponiert nach der positiven Seite, also bei streng entscheidender Prüfung, wird 13mal die positive Farbe der Übungsversuche, 37mal die noch weißere neue gewählt ($\overset{1}{n}$ fast $3\overset{2}{n}$). — In 50 kritischen Versuchen, das Zueinander transponiert nach der negativen Seite, wird 10mal die unbekannte schwarze, 40mal die bisher negative, jetzt aber weißere Farbe gewählt ($\overset{3}{n} = 4\overset{4}{n}$).

Die Prüfung ist deutlich im gleichen Sinn wie bei den anderen Hühnern ausgefallen; das Lernprodukt zeigt sich in solchen kritischen Versuchen von der Strukturfunktion sehr viel stärker als von den absoluten Farben abhängig.

11. Um über einen etwaigen Einfluß der Prüfungsart Aufschluß zu erhalten, wurden drei weitere Hühner auf etwas abweichende Art untersucht.

Huhn VII (dressiert vom 2. 11. bis zum 8. 11. 1916) lernte in dem Farbenpaar 7 und 29 (Zimmermann-Reihe) die dunkle Farbe 29 wählen. Die beiden Farben des Paares stehen sich etwas näher als die Dressurfarben des vorigen Versuches; trotzdem lernte das (jüngere) Tier schnell und konnte nach knapp 400 Versuchen als reif zur Prüfung gelten. — Diese wurde auf das entscheidende Verfahren beschränkt, und in 30 kritischen

Fällen (9.—11. 11.) Farbe 29 mit 49 zusammen vorgelegt. Der Unterschied gegenüber der bisherigen Prüfungsart bestand darin, daß die kritischen Versuche nicht in langen Reihen hintereinander, sondern in (vier) kleinen Gruppen zu je 6 bis 10 Wahlen zwischen Übungsreihen (120 Versuche im ganzen) vorgenommen wurden. Das Tier entschied sich

8mal für die positive Farbe der Dressur, 22mal im Sinn der Strukturfunktion für die tiefdunkle neue Farbe.

Da von den 120 zeitlich unmittelbar benachbarten Lernversuchen nur vier falsch ausfielen, war während der Prüfung die Dressurwirkung hinreichend stark.

Huhn VIII (dressiert vom 2. 11. bis zum 7. 11. 1916) lernte in dem Farbenpaar 7 und 29 die helle Farbe 7 wählen. Das (ebenfalls recht junge) Tier beherrschte seine Aufgabe nach 400 Versuchen hinreichend und wurde (8. 11. bis 11. 11.) in 50 kritischen Versuchen, verteilt in (sieben) kleinen Gruppen unter (im ganzen 150) Lernversuche, mit den Farben 2 und 7 geprüft. Das Tier entschied sich

20mal für die alte Dressurfarbe, 30mal im Sinn der Struktur, also für die nunmehr »weiße Seite« (Farbe 2).

Von den 150 einschließenden Übungsversuchen fiel nur einer falsch aus.

Huhn IX (dressiert vom 17. 11. bis zum 29. 11. 1916) lernte von den Farben 15 und 26, die einander recht nahestehen, die helle (also 15) wählen und bedurfte, der Schwierigkeit der Aufgabe gemäß, etwa der doppelten Anzahl von Übungsversuchen. Die Prüfung mit den Farben 7 und 15 geschah diesmal so, daß mitten in die Übungsreihen ganz vereinzelt insgesamt 20 kritische Wahlen eingeschoben wurden (30. 11. bis 4. 12.). So verteilten sich diese auf 160 Versuche mit den Dressurfarben, und jede kritische Wahl folgte unmittelbar auf durchschnittlich 8 Übungsversuche. Das Tier wählte

9mal die positive Farbe der Dressur, 11mal im Sinn der Struktur.

Von den 160 Lernversuchen fielen nur sechs falsch aus; auch hier ist die Dressur während der Prüfung genügend sicher.

12. Welche Folgen muß oder kann nach den früheren Überlegungen eine Veränderung der Prüfungsart wie die angegebene hervorbringen?

a) Da die kritischen Versuche hier viel unmittelbarer in den Verlauf der Dressurreihen eingeschaltet sind, kann man Ergebnisse erwarten, die

von dem augenblicklichen Verhalten gegenüber den Dressurfarben stark abhängen. Wäre dieses also allein von der Strukturfunktion bestimmt und durchaus unabhängig von den absoluten Farben, so müßte das Ergebnis der früheren Versuche womöglich in verschärfter Form wiederkehren. — Daß überhaupt keine Wirkung der absoluten Farben auf die Wahl vorhanden sei, ist jedoch schon nach den früheren kritischen Prüfungen nicht wahrscheinlich.

b) Wenn das Tier während einer Dressurreihe in merklichem Maße von den absoluten Farben abhängig ist, diese wiedererkennt, so wird bei der veränderten Prüfungsart dieser Faktor besonders wirksam werden können. Das Huhn wird die positive Farbe der unmittelbar vorhergehenden Übungsversuche auch im kritischen Paar leichter wiedererkennen, und die neue Farbe dieses Paares wird leichter als fremdartig wirken können. Dieser Umstand würde also die Ergebnisse zuungunsten der Strukturfunktion verändern.

c) Haftet sowohl an der Strukturfunktion wie an der absoluten Farbe eine Gedächtniswirkung, so wird durch die zeitliche Annäherung der kritischen und der Übungsversuche offenbar die Wirksamkeit desjenigen Faktors relativ stärker hervortreten, dessen Gedächtniswirkung mit der Zeit schneller abfällt. Hat also z. B. die Lernwirkung, die an der absoluten Farbe haftet, das größere zeitliche Dekrement, so wird sich der Einfluß der absoluten Farbe jetzt, da die kritischen Versuche so unmittelbar auf Übungsversuche folgen, relativ stärker geltend machen als in der früheren Versuchsart. Und da der Fremdartigkeitseindruck einer neuen Farbe in Korrelation mit der Bekanntheit der alten stehen muß[1], so wird auch sein Einfluß bei diesem Verfahren besonders begünstigt — falls eben die Bekanntheit der absoluten Dressurfarbe eine Gedächtniswirkung ist, die mit der Zeit relativ schnell abfällt.

d) Außer einer zeitlichen Annäherung der kritischen an die Übungsversuche wurde eine stärkere Verteilung jener unter diese vorgenommen; die Reihen kritischer Versuche sind kürzer, und zuletzt (Huhn IX) steht jeder von ihnen allein unter umgebenden Versuchen am Dressurpaar.

[1] Ich kann mich hier wohl mit Recht beziehen auf G. E. Müller, Bericht ü. d. 5. Kongreß f. exper. Psychol. (Hrsg. Schumann) S. 219. 1912; ferner auf R. Heine, Zeitschr. f. Psychol. 68, 209 ff. 1914.

Daraus ergibt sich ein Einfluß ganz ähnlicher Art wie der eben erwähnte: Fällt nämlich die an der absoluten Farbe haftende Gedächtniswirkung relativ sehr schnell mit der Zeit ab, so wird in einer längeren fortlaufenden Reihe von Prüfungsversuchen auch der Fremdartigkeitseindruck der neuen Farbe bald verlorengehen und damit ein Moment verschwinden, welches Wahlen gemäß der Strukturfunktion sicherlich erschwert. Je mehr dagegen die Prüfungswahlen unter Versuche am alten Dressurpaar verteilt werden, desto stärker kann jedesmal wieder die neue Farbe als fremdartig wirken und so das Wählen der gleichen Strukturseite behindern.

Ginge dagegen die Gedächtniswirkung, die an der Struktur haftet, mit der Zeit schneller verloren, so würden umgekehrt Wahlen der gleichen Strukturseite durch die Änderung der Prüfungsart begünstigt.

e) Falls Wirksamkeiten dieser Art anzunehmen sind, können sie die Ergebnisse in verschiedenem Grade modifizieren. Es ist z. B. nicht von vornherein unmöglich, daß unter den veränderten Umständen die absolute Farbe einerseits und die Fremdheit der neuen anderseits stark genug wirken, um ein Übergewicht der Wahlen in diesem Sinn über die im Sinne der Struktur ausfallenden zu erzeugen.

Von den drei Tieren zeigt VII insofern keinerlei Einfluß der veränderten Prüfungsart, als sich bei diesem Huhn das Übergewicht der Strukturfunktion ungefähr ebenso groß herausstellt wie durchschnittlich bei den früher in andrer Art untersuchten Tieren. — Bei Huhn VIII dagegen ist eine deutliche Verminderung dieses Übergewichts eingetreten (30 : 20), und bei IX kann von einem Überwiegen der einen oder der andern Tendenz keine Rede mehr sein (11 : 9). Bei diesen beiden Tieren ist eine Verschiebung im Sinn der letzten Erörterungen erfolgt, und zwar für IX, für dessen Prüfung jene Ausführungen besonders scharf gelten müssen — wenn sie überhaupt richtig sind —, wirklich stärker als für VIII. Freilich hat sich selbst unter diesen Umständen die Wirkung der absoluten Farbe (und der Fremdheit der neuen) als höchstens gleich, nicht als überlegen gegenüber der Strukturwirkung erwiesen.

Da besonders Huhn IX auch in den Fällen, wo es »absolut wählte«, wirklich und zwar sehr sorgfältig wählte, nicht etwa hastig und unvorsichtig auf eine Farbe losstürzte, da es sich ferner mehrmals der alten Dressurfarbe zuwandte, nachdem es von der neuen, fremden »verdutzt« zurückgefahren war, so könnte die angegebene Deutung richtig sein. Es

würden dann solche absolute Wirkungen zur Zeit fortgesetzten Wahrnehmens der Dressurfarben (also im Verlauf von Übungsreihen) relativ recht stark sein und im Extrem unter solchen Umständen der Wirksamkeit des Strukturfaktors angenähert gleichkommen.

13. Der Unterschied der Ergebnisse wird also auf die Prüfungsart bezogen. Ist das berechtigt und das Resultat nicht etwa auf Unsicherheit schlechthin oder auf individuelle Abweichung an und für sich zurückzuführen, so muß man erwarten, daß die gleichen Tiere, nach der früheren Methode geprüft, wieder das Übergewicht der Strukturfunktion zeigen. Da ausgedehntere Untersuchungen über die hier behandelte Frage zu weit von unserm Arbeitsgebiet abführen würden, wurde nur Huhn IX einer solchen Gegenprobe unterworfen, also das Tier, bei dem die am stärksten veränderte Methode auch die stärkste Abweichung des Ergebnisses erzeugt hatte (4. 12. 1916). Einige Minuten nachdem das Huhn eine Übungsreihe (20 Versuche) fehlerfrei abgeschlossen hatte, begann eine fortlaufende Prüfungsreihe der früheren Art, bestehend aus 30 Versuchen mit dem kritischen Farbenpaar 7 und 15. Wieder wählte das Tier sehr deutlich, jetzt aber 9 mal die positive Farbe der Dressur, 21 mal im Sinn der Struktur. Das Ergebnis entspricht also durchaus der Erwartung: Wenn die kritischen Versuche aus der unmittelbaren zeitlichen Umgebung der Übungswahlen herausgenommen werden, und wenn in einer fortlaufenden Prüfungsreihe die Fremdartigkeit der neuen Farbe (als solcher) zurücktreten kann, so gewinnt wieder die Strukturfunktion das Übergewicht. Das ist aber wohl nur möglich, wenn die Gedächtniswirkungen, die an der absoluten Farbe haften (und damit auch die Möglichkeit einer Fremdheit der neuen Farbe), ein sehr starkes zeitliches Dekrement haben.

Sagt man, in fortlaufenden Prüfungsreihen dieser Art seien die aufeinanderfolgenden Wahlen nicht ganz unabhängig voneinander — nachdem das Tier einmal angefangen habe, sich für die neue Farbe zu entscheiden, könne es unter der Nachwirkung dieser Entscheidung in folgenden Fällen leichter desgleichen tun —, so ist die Möglichkeit eines derartigen Einflusses nicht ganz auszuschließen. Aber man vergißt dabei, daß in sehr viel stärkerem Maß die gleiche Möglichkeit für die alte Dressurfarbe bestände, daß — falls nicht die Strukturwirkung dies verhinderte — das Tier doch von der Dressur her viel eher diese Farbe zu Beginn wählen und also des angeführten Momentes wegen erst recht bei ihr bleiben sollte. Das gilt um so mehr, als ja das Huhn in der Prüfungsreihe wirklich eine Anzahl von Wahlen im absoluten Sinn vollzieht. So wurde in dieser Reihe (von 30 Fällen) z. B. bei Versuch 9 bis 11 (auch dem »Verhalten« nach deutlich) absolut gewählt. Man sollte denken, das wäre — gemäß dem Einwand — Anlaß genug, weiterhin

bei der an sich schon positiven und bekannten Farbe zu bleiben: aber die darauf folgenden 13 Wahlen fallen sämtlich im Sinn der Struktur aus. Das Übergewicht strukturmäßiger Wahlen kann auf jene Weise überhaupt nicht abgeleitet werden.

Man hat danach in der Dressur zwei Lernprodukte auch zeitlich ganz verschiedenen Charakters auseinanderzuhalten: Die absolute Farbendressur (mit der Nebenwirkung des Fremderscheinens neuer Farben) fällt zeitlich sehr schnell ab, wie die Versuche vermuten lassen, schon recht merklich in wenigen Minuten; innerhalb einer Reihe unmittelbar aufeinanderfolgender Übungsversuche dagegen kann ihre Stärke wohl relativ bedeutend sein. — Das eigentlich wesentliche, dauernde und feste Lernprodukt ist von der Strukturfunktion abhängig. Seine Beständigkeit ist unvergleichlich größer als die der absoluten Dressur, so daß es hauptsächlich diese Wirkung sein muß, die beim Lernen des Tieres von einem Tag zum andern oder über größere Intervalle bestehen bleibt, so eine allmähliche Steigerung des Erfolgs ermöglicht und schließlich auch längere Zeit nach Abschluß der gelungenen Dressur (ohne fortgesetzte Übung) sich einigermaßen erhalten kann[1].

Ist wieder diese Anschauung berechtigt, so ergibt sich eine weitere Konsequenz: In den kritischen Versuchen waren die Tiere bisher sich selbst oder besser den gerade bestehenden Dressurwirkungen überlassen — ohne Eingriff des Beobachters. Klingt die absolute Lernwirkung, die an der positiven Farbe des Dressurpaares haftet, sehr schnell ab, bleibt dagegen die Strukturwirkung lange bestehen, so muß es ein leichtes sein, die Tiere dahin zu bringen, daß sie von jener Wirkung ganz frei werden, im kritischen Paar die neue Farbe, als die entsprechende Seite des Zueinander, immer wählen und die positive Farbe der Dressur durchweg als negative im kritischen Paar behandeln. Ich machte die Probe mit demselben Tier (IX), das in den beiden Arten kritischer Versuche so verschiedene Ergebnisse geliefert hatte. Auf die (letzterwähnte) Reihe von 30 kritischen Versuchen folgte am Nachmittag des gleichen Tages eine Übungsreihe mit dem alten Farbenpaar, in welcher unter 20 Fällen 1 Fehler vorkam. Am nächsten Morgen, etwa 18 Stunden später, nahm ich, ohne vorausgehende Versuche mit dem alten Paar, eine Reihe mit den kritischen

[1] Katz und Révész fanden, wenn ich mich recht erinnere, noch 6 Wochen nach Abschluß einer Dressur von Hühnern eine deutliche Nachwirkung in Form von Ersparnis beim Wiederlernen.

Farben (7 und 15) vor, so aber, daß nunmehr Wahlen der Farbe 15 (der positiven Farbe der Dressur und also »strukturell-negativen« im neuen Paar) »bestraft« wurden. Unter 20 Wahlen kamen nur 3 solche »Fehler« vor (1., 6., 11. Wahl), das Tier wählte also bereits 17 mal die helle Seite des kritischen Paares. Am Nachmittag verhinderte ein Orkan, der das Huhn ganz verstört machte, jede Art der Untersuchung. Tags darauf folgte auf eine fehlerfreie Reihe mit den alten Farben eine Prüfung in 25 Wahlen gegenüber dem kritischen Paar, und zwar blieb das Tier diesmal wieder vollkommen unbeeinflußt: es entschied sich 5 mal absolut, 20 mal im Sinn der Struktur. Danach hatte ich den Eindruck, daß das Huhn vielleicht ohne jede weitere Einwirkung dazu gelangen würde, im neuen Farbenpaar nur noch »die weiße Seite« zu wählen, wenn man nur eine weitere Pause einschöbe, um die schnell abklingende absolute Wirkung (von früher) ganz verschwinden zu lassen. Also machte das Tier am Nachmittag keinerlei Versuche und hatte am folgenden Morgen von vornherein gegenüber dem kritischen Paar zu wählen: in der Tat entschied es sich in allen 20 Versuchen, gut wählend und ganz sich selbst überlassen, für die weiße Seite des Zueinander, keinmal für seine alte Dressurfarbe. — Dreimal im ganzen nur (nämlich in der ersten dieser Reihen) ist also das Huhn beim Wählen der alten positiven Farbe »bestraft« worden, und doch meidet es sie schon so vollständig zu Gunsten der weißen Seite des neuen Paares, daß man sich fragen könnte, ob jene 3 »Strafen« zu dem Erfolg überhaupt sehr wesentlich beigetragen haben, und ob nicht das Tier, immer weniger durch die Bekanntheit der alten und den Fremdheitscharakter der neuen Farbe gestört, fast von selbst dazu gelangt ist, das neue Paar strukturgemäß ebenso zu behandeln wie vorher das alte. Auf jeden Fall ist hiermit gezeigt, daß schon ein Minimum von Beeinflussung genügt, um dem strukturgemäßen Verhalten ganz zum Siege zu verhelfen.

Für diejenigen, die mit den Erfahrungen tierpsychologischer Forschung nicht hinreichend vertraut sind, sei hierzu noch bemerkt, daß sonst das »Umdressieren« eines Tieres, nachdem es in einer Richtung fertiggelernt hat, eine schwere Arbeit bedeutet. Hat es gelernt, von zwei Farben *a* und *b* jene zu wählen, so hat man die größte Mühe, hinterdrein die entgegengesetzte Dressur auf *b* im gleichen Paar durchzuführen. Ich habe das einmal bei einem Huhn (dem sehr gut lernenden IV der früheren Arbeit) ernstlich versucht; aber das Umlernen zog sich so sehr in die Länge, und das Huhn war zuletzt noch so unzuverlässig, daß ich schließlich keine Zeit mehr auf die unfruchtbare Arbeit verwenden mochte.

Ich weiß nicht mehr, welcher Tierpsychologe vor einigen Jahren ganz dieselbe Erfahrung gemacht hat. — In einem solchen Fall ist außer einem »Pluswert« der absoluten Farbe *a* und einem »Minuswert« der Farbe *b*, welche beide schnell verlorengehen dürften, auch noch das Lernprodukt zu bekämpfen, das infolge der vorausgehenden Dressur an dem Zueinander (genauer einer Richtung desselben) haftet; und damit scheint ein ungleich stärkeres Hindernis gegeben zu sein.

14. Die weitere Untersuchung darüber, in welchem Grade (unter solchen Versuchsumständen) die Strukturwirkung an Hühnern, anderen niederen Vertebraten usw. festzustellen ist, muß der eigentlichen Tierpsychologie überlassen werden[1]. Ohne weiteres wird sich auch zeigen müssen, ob ähnliche Ergebnisse, wie sie hier mit tonfreien Farben gefunden wurden, bei Verwendung von bunten Farben, von Größen (gleicher Form), akustischen Reizen usw. wiederkehren. Endlich wird zu untersuchen sein, ob wirklich, wie man vermuten kann, eine Variation der äußeren Darbietungsweise (etwa des räumlichen Abstandes der Lernobjekte) einen Einfluß auf die Stärke der Strukturwirkung hat. — Indessen empfiehlt es sich von vornherein, auf weitere methodische Möglichkeiten aufmerksam zu machen.

Die hier zunächst angewendete Prüfungsart, unbeeinflußte Wahl der Hühner gegenüber dem kritischen Paar von Farben, stellt sehr hohe Anforderungen an die Tiere, und man kann es fast als überraschend bezeichnen, daß überhaupt ein so deutliches Überwiegen des Struktureinflusses in dem etwas gewagten Verfahren festzustellen war. Dieses hat allerdings gerade darin seinen Wert, daß es ein vollkommen natürliches, durch den Versuchsleiter auf keine Weise begünstigtes Wirken des Strukturfaktors nachweist. Der Experimentator wird jedoch weiterhin gern Prüfungsarten hinzuziehen, bei denen er von sich aus das Tier fortwährend lenkt und die Entscheidung der aufgeworfenen Fragen darin sucht, welche Wirkungen diese Beeinflussung in zwei zu vergleichenden Fällen hervorbringt. Es würde in einem solchen Verfahren die Möglichkeit eingeschränkt, daß das unbeeinflußte Versuchstier etwa unter den entscheidenden hin und wieder auch »Wahlen« vornimmt, die ihren Namen nicht verdienen, weil sie auf Zufälle zurückgehen.

[1] Die Untersuchung von Hühnern ist in relativ so bedeutendem Umfange vorgenommen und beschrieben worden, um eine methodische Grundlage und allgemeine biologische Orientierung für entsprechende Anthropoidenversuche zu gewinnen.

Inwiefern die Möglichkeit besteht, daß in kritischen Versuchen der bisher beschriebenen Art das Versuchstier von den experimentellen Bedingungen vorübergehend unabhängig wird und dann Zufallsentscheidungen vorbringt, läßt sich bisweilen direkt beobachten. Die Tiere wählen im allgemeinen auch in den kritischen Versuchen sehr sorgfältig, und man kann sehen, wie sie einmal vor der fremden Farbe zurückprallen und dann die andere wählen, ein anderesmal (selten) sofort mit Sicherheit auf die alte Farbe der Dressur losgehen, in der absoluten Mehrheit der Fälle aber nach einem kurzen, ruhigen Überblick von der Mitte zwischen beiden Farben oder nach einigem Hin- und Hersehen ihre Entscheidung treffen. Dieser äußere Aspekt, der ja schon von gewöhnlichen Dressurversuchen her bekannt ist[1], kehrt in den kritischen Prüfungen nur wieder. [Bei der dritten von diesen Verhaltensweisen dürfen wir jetzt mit großer Wahrscheinlichkeit ein Überwiegen strukturgemäßer Entscheidungen erwarten; an sich wird ja die Wirksamkeit der Strukturfunktion durch solches Verhalten allein noch keineswegs erwiesen, weil es sich darum handeln könnte, daß das Tier nacheinander oder zugleich die absoluten Einflüsse beider Farben auf sich wirken läßt und die Entscheidung trifft, die beiden absoluten Wirkungen zusammen entspricht (vgl. oben Abschnitt 2)]. Bei den kritischen Versuchen kommt aber noch eine vierte Verhaltensweise vor. Da nämlich der Strukturfaktor und die absolute Wirkung (samt dem Fremdartigkeitseindruck der neuen Farbe) im Augenblick einer Wahl beide zugleich kräftig sein können, so sieht man mitunter das Tier in die größte »Unentschlossenheit« geraten, und zwar manchmal unmittelbar nach sehr entschiedenen Wahlen. Es steht dann wohl minutenlang starr vor den Farben, tritt zurück, putzt sich eingehend, kommt wieder, sieht unschlüssig hin und her und entscheidet sich am Ende mit allen Zeichen der Unsicherheit und Angst. Es ist nun sehr wohl möglich, daß dabei gelegentlich Nebentendenzen den Ausschlag geben, die mit der eigentlichen Aufgabe überhaupt nichts zu tun haben, z. B. eine kleine motorische Vorliebe für eine Raumseite, wie sie viele Tiere in Dressurversuchen zeigen, aber in ihnen unter dem Druck der Versuchsleitung durch aufgabengemäße Wahl überwinden lernen. Heben sich die beiden Haupttendenzen nun in einem Augenblick der kritischen Versuche auf, so kann dergleichen wieder momentan wirksam werden und eine in jedem Sinn aufgabenfremde Entscheidung herbeiführen. Jetzt aber darf das Tier, ganz einerlei auf welche Farbe und welche Seite so eine Entscheidung trifft, nach dem Sinn des Verfahrens nicht »bestraft« werden, und der Erfolg ist mitunter für mehrere Versuche hintereinander als eine motorische Tendenz und Einstellung nach einer Raumseite unmittelbar zu beobachten, d. h. das Tier wendet sich mehrmals ohne Rücksicht auf die Farben, die es dabei trifft, z. B. der linken Seite zu. Ich habe kurze Strecken solchen Verhaltens bei den Hühnern V, VI und VIII gesehen, aber in der Mitteilung der Ergebnisse hierauf keine Rücksicht genommen aus folgendem Grunde: Bei dem häufigen Wechsel der Raumlage wird auf diese innerlich ungültige Art jede der beiden Farben mit der gleichen Wahrscheinlichkeit getroffen, d. h. es ist von den strukturgemäßen wie den absoluten Wahlen im Durchschnitt die gleiche, dem Betrage nach übrigens nicht genau bekannte Zahl abzuziehen. Die Folge muß sein, daß diejenige Wahlart, die im Bruttoergebnis überwiegt, in dem korrigiert gedachten Ergebnis relativ noch stärker bevorzugt wird, und da dies die strukturgemäße Wahl ist, so würde deren überwiegender Einfluß noch mehr

[1] Vgl. Claparède, Sonderdruck aus dem Bericht über den III. Kongreß für exper. Psychologie, S. 45 f.

zur Geltung kommen, die oben aus den Versuchen gezogenen Folgerungen würden a fortiori zutreffen. — Bei Huhn VI z. B. möchte ich 8 von 50 nicht strenggenommen gültige Wahlen rechnen; davon entfallen 4 auf jede der beiden Farben im kritischen Paar, so daß anstatt des Ergebnisses 37 : 13 als korrigiertes 33 : 9 anzusetzen wäre, das Übergewicht der Strukturwahlen also noch deutlicher zum Ausdruck käme. — Schon um die wahre (also noch größere) Überlegenheit des Strukturfaktors festzustellen, wird man neben der Methode der unbeeinflußten kritischen Wahlen noch andere Verfahren anzuwenden suchen, bei denen die Prüfung, wenn schon indirekter, so doch unter Ausschluß solcher Störungsmöglichkeiten vorgenommen werden kann.

15. Darstellung neuer Methoden.

I. Einen gewissermaßen ruhigeren Weg zur Entscheidung sieht man sogleich in dem Verfahren, das mehr zur Probe bei Huhn IX zuletzt angewendet wurde: Sind *a*, *b*, *c* drei in dieser Folge und in etwa gleichen Abständen einer Qualitätenreihe angehörige absolute Gegebenheiten (Farben, Größen usw.) und ist das Versuchstier im Paar *bc* auf *b* so gut wie möglich dressiert, entspricht dann die Arbeit (Wiederholungszahl, Zeit), die man aufzuwenden hat, um das Tier hinterdrein in *ab* auf *a* zu dressieren, einem ganz neuen Lernen oder gar einem (erfahrungsgemäß sehr schwierigen) Umlernen, oder zeigt sich, daß dieses zweite Lernen stark und vielleicht enorm erleichtert ist durch das erste an *bc*? Im zweiten Fall würde der Schluß auf Strukturwirkung nicht zu umgehen sein.

II. Und doch wäre er allein noch nicht so streng, wie man wünschen möchte. Man wird deshalb einen ganz ähnlichen Versuch machen, nach abgeschlossener Dressur auf *b* im Paare *bc* eine weitere Dressur wieder im Paare *ab*, aber jetzt nicht auf das strukturmäßig entsprechende *a*, sondern gerade auf dasselbe *b* wie zuvor durchzuführen und wieder festzustellen, in welchem Grade ein solches Lernen durch die erste Dressur (in *bc*) gefördert oder gehemmt wird. Was an der vorbereitenden Dressur absolut ist, muß hier erleichternd wirken, die Strukturfunktion muß dem Lernen hinderlich sein. Es scheint auf den ersten Blick fast absurd, daß das Tier überhaupt Mühe haben und eigens lernen sollte, die Farbe nur eben weiterzuwählen, die es schon zuvor zu wählen gelernt hatte, und doch sind nach den mitgeteilten Erfahrungen — insbesondere der Probe mit Methode I, welche die Struktur so deutlich wirksam zeigte — einige Schwierigkeiten bei diesem Lernprozeß zu erwarten. Durchaus unwahrscheinlich ist es dagegen, daß in dem kritischen Paar *ab* auf *a* und auf *b* eine vollständige Dressur gleich leicht zu erreichen wäre.

Kombination von I und II. Beide Methoden leiden, jede für sich genommen, an dem Mangel, daß eine zweite Dressur als leicht oder schwierig beurteilt werden soll, ohne daß ein eigentlicher Maßstab an Stelle dieser allgemeinen Prädikate gesetzt werden könnte. Eines solchen wird man freilich kaum bedürfen, wenn die »kritische« Dressur so »absolut leicht« vonstatten geht wie in dem Probefall nach der Methode I: hier ist ganz offenbar von der ersten Dressur her ein förderndes Moment im Spiel. Aber das Ergebnis braucht (auf noch niedrigeren Tierstufen) nicht immer so eklatant zu sein, und sobald es minder schlagend ausfällt, wird sich das Bedürfnis nach einem Maßstab einstellen.

Etwas Derartiges ist schon deshalb erwünscht, weil im allgemeinen die Schnelligkeit oder Leichtigkeit der ersten Dressur nicht zum Vergleich herangezogen werden kann. Das Tier lernt in der ersten Dressur einiges, was es bei keinem kritischen Lernen hinterdrein wieder von neuem aufzunehmen braucht, sondern als Besitz jedenfalls fertig auf dieses zweite Lernen übertragen wird, nämlich — etwas anthropomorph ausgedrückt — daß es auf die Farben (Größen usw.) ankommt, daß immer die eine »richtig«, die andere »falsch« ist u. dgl., ein Lernprodukt allgemeinerer Natur, dessen Erwerb im Beginn der ersten Dressur unzweifelhaft Arbeit gekostet hat, die in keiner Art kritischer Versuche wieder geleistet zu werden braucht. Jeder kritischen Dressur kommt also in dieser Hinsicht eine gewisse Ersparnis zugute.

Der einfachste Weg, diese Schwierigkeit zu umgehen, ist der, daß man die Ergebnisse von I und II aneinander mißt. Man hat zu diesem Zweck eine Anzahl von Versuchstieren gleicher Art, gleichen Alters usw. sämtlich im Paare *bc* auf *b* zu dressieren und sie dann (etwa durchs Los) in zwei Gruppen zu teilen, von denen die eine im Paar *ab* auf *a* und die andere im gleichen Paar *ab* auf *b* weiterzudressieren ist. Die Ergebnisse dieses kritischen Lernens beiderseits müssen, falls auch weiterhin die allgemeine experimentelle Behandlung hier wie dort die gleiche bleibt, notwendig darüber Auskunft geben, ob dem Strukturfaktor oder dem »Positivwert« der absoluten Farbe der größere Einfluß zukommt.

Zu den gleichen Bedingungen, denen beide Gruppen auch beim kritischen Lernen unterworfen sein müssen, gehört in erster Linie gleiche Schnelligkeit des Überganges von der ersten zur kritischen Dressur; zwischen dem Abschluß des ersten und dem Beginn des zweiten Lernens muß beiderseits derselbe zeitliche Abstand eingeschoben sein. Variiert man ihn aber beiderseits gesetzmäßig (etwa in Unterteilung der beiden Gruppen von Versuchstieren), so erhält man vermutlich eine Entscheidung über die oben kurz behandelte Frage, welchen Einfluß der Ablauf der Zeit auf die absolute und die strukturelle Lernwirkung ausübt, immer durch Vergleich der Ergebnisse hier und dort. Wenn wir jetzt die beiden parallellaufenden Versuchsgruppen kurz mit I und II bezeichnen, dann ist nach

meinen bisherigen Erfahrungen zu erwarten, daß größere zeitliche Entfernung von den Lernversuchen — der Unterschied, der verwandt wird, darf eine Verschiebung um Tage betragen — in I eher einen günstigen oder jedenfalls wenig ungünstigen, in II dagegen einen durchaus schädlichen Einfluß auf das kritische Lernen haben wird, weil die absoluten Nachwirkungen der ersten Dressur gegenüber den strukturellen relativ sehr schnell abzuklingen scheinen. Auch auf diese Weise kann dann indirekt der eigentliche Gedächtniswert beider Lernwirkungen gegeneinander abgewogen werden.

III. Ein ganz anderes Verfahren verlegt die Prüfung in die erste Dressur. Sind wieder *a*, *b*, *c* drei absolute Gegebenheiten einer Reihe und von etwa gleichen Abständen, so versucht man das Tier lernen zu lassen, indem man von vornherein regelmäßig oder (besser) unregelmäßig das Paar *ab* und das Paar *bc* vorlegt, dabei aber in jenem Paar *a*, in diesem *b* als richtig ansieht, also jedesmal die gleiche Seite im Zueinander. Hierbei hat offenbar die Strukturfunktion, wenn und in welchem Grade sie in der betreffenden Tierart möglich ist, sich gegen eine absolute Wirkung durchzusetzen, insofern *b* bald zu wählen ist, bald nicht. Die Tendenz zur absoluten Lernart wird offenbar bei diesem Verfahren hinderlich sein, weil das Verhalten gegenüber *b* dieser Wirkung zufolge eine »assoziative Hemmung« erfährt. Soweit es aber dem Tier gelingt und »ihm liegt«, der Strukturfunktion gemäß zu lernen, fällt diese Hemmung hinweg. In der Schwierigkeit (Dauer) des Lernvorganges erhält man also ein Maß für die Stärke der absoluten oder auch der strukturellen Lerntendenz. Ist es der betreffenden Tierart überhaupt natürlich, sich (unter den Versuchsumständen) nach der Struktur zu richten, so braucht eine solche Dressur gar nicht viel länger zu dauern als eine solche an nur einem Paar

Es macht hierbei nicht viel aus, wenn man sagt, das Tier könne sich gewöhnen, gegenüber den Farben *a* und *b* eine absolute Wahl vorzunehmen, gegenüber *b* und *c* eine andere; es könne also in Wirklichkeit zwei voneinander relativ unabhängige Dressuren durchmachen. Damit sich dergleichen ausbildet und genügend festigt, wird unzweifelhaft ein langdauerndes Lernen erforderlich sein und das Bild einer schwierigen Dressur ergeben. Andererseits würde nur bei fehlendem oder geringem Einfluß der Strukturfunktion ein solcher Umweg eingeschlagen werden, da starke Strukturfunktion eine viel unmittelbarere und natürlichere Lösung der Aufgabe liefern müßte. Käme also eine solche zweifache Dressur zustande, so würde die damit gegebene große Lerndauer mit vollem Recht auf schwache (oder fehlende) Strukturfunktion zu beziehen sein. Verliefe dagegen die Dressur annähernd ebenso schnell wie ein Lernen mit nur zwei konstanten Farben, so wäre sowohl der Schluß auf Strukturwirkung wie der weitere berechtigt, daß jenes »Doppellernen« nicht eingetreten ist.

IV. Wieder kann man dem genau das entgegengesetzte Verfahren gegenüberstellen. Die Paare *ab* und *bc* wechseln einander in der Dressur

fortwährend ab, aber nunmehr wird immer *b* als richtig angesehen, einerlei ob es in *ab* oder *bc* auftritt; man dressiert also auf die absolute Gegebenheit ohne Rücksicht auf die Struktur. Diese Aufgabe, die anscheinend so leicht ist, könnte, falls die Strukturfunktion des Tieres stark entwickelt ist, und wenn sich an sie — wie offenbar beim Huhn — die eigentlich starke und anhaltende Lernwirkung natürlicherweise anschließt, eine beträchtliche Ausdehnung des Dressurvorganges bedingen; ist doch strukturmäßig das Paar *ab* entgegengesetzt zu behandeln wie *bc*. Das Lernen dürfte dagegen nicht viel länger dauern als bei gewöhnlicher Dressur, falls es dem Tier natürlich ist, sich während des Lernvorganges nach der absoluten Farbe, Größe usw. zu richten. Auch so also ergibt sich ein Kriterium für die relative Stärke der beiden Faktoren.

Wieder besteht hier an und für sich die Möglichkeit einer Art von Doppellernen, derart, daß allmählich die Struktur im einen Paar genau entgegengesetzt behandelt würde wie im anderen. Wieder aber wäre die äußere Wirkung sicherlich eine starke Verzögerung des Lernens, die mit Recht auf Schwäche der absoluten Lerntendenz bezogen werden könnte: denn ehe das Tier einen solchen Umweg einschlägt, wird es bei einiger absoluten Lernwirkung sich doch nach dieser richten müssen, die im Versuchsverfahren so außerordentlich begünstigt ist. Verzögert sich also das Lernen bei der Anforderung von Methode IV sehr wesentlich, so ist das auf jeden Fall ein Zeichen dafür, daß das absolute Lernen dem Tier schwerfällt.

Kombination von III und IV. Ein genauerer Maßstab für das »Schwer« und »Leicht« ergibt sich auch hier wieder aus Parallelversuchen beider Arten; man mißt also die relative Schwierigkeit beider Anforderungen aneinander. Zwei Gruppen von Tieren vergleichbarer Eigenschaften lernen an den einander fortwährend ablösenden Paaren *ab* und *bc*, beide unter sonst gleichen Umständen, aber die einen dort *a*, hier *b* (strukturgemäß), die anderen immer *b* (absolut) wählen. Das Ergebnis beiderseits (Lerndauer usw.) muß wieder darüber Auskunft geben, welcher Faktor in der betreffenden Tierart natürlicherweise überwiegenden Einfluß hat.

Wahrscheinlich wird sich bei dieser Versuchsart das Ergebnis ändern, je nachdem ob die Lernversuche zeitlich stark verteilt oder gehäuft werden. Das ist zwar, nach allem, was wir über das Gedächtnis sonst wissen, im Prinzip bei beiden Gruppen von Parallelversuchen zu erwarten; wenn aber die absolute Lernwirkung ein viel stärkeres zeitliches Dekrement hat als die Strukturwirkung, so würde die Gruppe absoluten Lernens hiervon wohl in anderem Maße und vielleicht gar in anderer Richtung betroffen werden müssen als die Gruppe strukturmäßigen Lernens. Gleichmäßige Variation der zeitlichen Verteilung beiderseits könnte zu einer Antwort auch auf diese Frage führen.

Die angegebenen Methoden werden vorläufig genügende Aufklärung über die Bedeutung der Strukturfunktion beim Wählen verschiedener Tierarten geben[1]. Man sollte meinen, sie müßten stets unter sich und mit der Methode der unbeeinflußten kritischen Wahlen in der Hauptsache übereinstimmende Ergebnisse haben; doch sind sehr wohl von den einzelnen Methoden abhängige und kaum mit Sicherheit vorauszusagende Variationen möglich, wie denn schon eine Änderung der zeitlichen Versuchsverteilung oben eine solche, sachlich wichtige Variation zu bewirken schien. — Weiterhin kommen wir auf die gleichen Versuchsarten in einer besonderen Anwendung zurück, in der sie wohl geeignet erscheinen, die Grundfrage der Farbenpsychologie objektiv zu entscheiden.

Für ein Gebiet etwas höherer Strukturfunktionen, nämlich die Gruppierung im Raum, hat R. M. Yerkes[2] soeben eine Methode angegeben, die eine gewisse Ähnlichkeit mit der Kombination von III und IV aufweist, insofern auch von vornherein durch eine Dressur auf strukturgemäßes Verhalten hingewirkt wird. Ich kann das Versuchsprinzip in meiner Sprache kurz so beschreiben, daß von einer bestimmten Gesamtanzahl von Ortsgegebenheiten einer Reihe beliebige (aber stets benachbarte) und beliebig viele in jedem einzelnen Versuch zur Wahl gestellt werden, daß aber nur eine jedesmal die richtige ist, und diese richtige nicht durch einen absoluten Ort, sondern durch ein »Strukturgesetz« bestimmt wird. So mögen z. B. in aufeinanderfolgenden Versuchen von neun nebeneinandergelegenen Türen des Versuchsraumes erst Nr. 7, 8, 9 — dann 1, 2, 3, 4, 5, 6 — dann 4, 5, 6, 7, 8 überhaupt geöffnet sein, aber z. B. 8 im ersten, 5 im zweiten, 7 im dritten Fall sei die richtige usw., also jedesmal »die zweite von rechts«. Lernen die Tiere dergleichen, und lernen sie es so »echt«, daß sie sich nach abgeschlossener Dressur für die Übungskonstellationen auch gegenüber völlig neuen Gruppen strukturgemäß verhalten? — Auf diese Weise wurden Krähen, Schweine und Affen mit Erfolg untersucht.

Die oben entwickelten Methoden unterscheiden sich von der Yerkesschen unter anderem dadurch, daß 1. jene die natürliche Stärke der Strukturfunktion bei der Ausbildung einer adäquaten Reaktionsweise an einer anderen (der absoluten) Funktion messen, 2. die Strukturfunktion bis in die einfachsten und geläufigsten der bisher geprüften tierischen Leistungen verfolgen, und 3. auf diesem Leistungsgebiet wohl prinzipiell für jedes Lernmaterial verwendbar sind. — Ich glaube übrigens, daß eine Prüfung wie die »kritische ohne Beeinflussung«, also ohne vorbereitende Dressur auf das reine Zueinander, auch in der schönen Yerkesschen Anordnung gewisse Resultate haben könnte.

16. Die Untersuchung wurde oben begonnen als Nachprüfung einer bestimmten, scharf umrissenen Anschauung, nach der das Lernprodukt in

[1] Weitere Abarten lassen sich aus dem Angeführten leicht genug entwickeln.

[2] Vgl. R. M. Yerkes, Science, Mai 1914. Coburn und Yerkes, Journ. of Anim. Behav. 5, 1915, Yerkes, Behav. Monogr. 3, 1. 1916. — Einige der Versuche von Katz und Révész an Hühnern können als den Yerkesschen einigermaßen verwandt angesehen werden, so wenn die Tiere jedes dritte Korn einer Reihe zu fressen lernten.

tierischen Wahldressuren an den Empfindungsprozessen hafte. Wenn man einwendet, diese Theorie sei so von niemand jemals aufgestellt worden, so könnte das richtig sein; denn in der tierpsychologischen Literatur — soweit sie mir vorliegt — wurde diese Frage anscheinend nicht aufgeworfen, weder jene noch eine andre Theorie hat bestanden, und »die Tiere wählen« ist eine Ausdrucksweise gewesen, welche unter dem bekannten Wort die wirksamen Funktionen theoretisch einigermaßen unbestimmt ließ[1]. Um aus dem Ungefähren und Unbestimmten eine scharfe Fragestellung zu entwickeln, habe ich deshalb die spezielle Theorie einer absoluten Dressur als Ausgangspunkt konstruiert und glaube mich dabei insofern ganz an verbreitete methodologische Anschauungen gehalten zu haben, als auf diese Weise das Morgansche Prinzip tierpsychologischer Sparsamkeit (Erklärung durch möglichst niedrige Funktionen) streng befolgt wurde. Diese Konstruktion ist um so weniger dem Vorwurf ausgesetzt, eine ungerechte Behandlung bisher bestehender Ansichten zu bedeuten, als ja die Theorie sich z. T. als richtig erwiesen hat, und eine absolute Dressur, wenn schon von recht geringem zeitlichem Bestand und deshalb geringerer Bedeutung neben der weit wichtigeren strukturellen tatsächlich ausgebildet wird.

Indessen wäre das Ergebnis der Prüfungen unzureichend aufgefaßt, wollte man in ihnen nur einen Beitrag zur Theorie der Wahldressuren sehen. Insoweit diese Dressuren zur Untersuchung rein sinnesphysiologischer Fragen bei Tieren dienen, wird vielfach an Sinn und Bedeutung der Versuchsresultate gar nicht viel geändert, ob es sich nun um absolute oder strukturelle Dressur oder beides handelt. Machen wir doch ganz entsprechende sinnesphysiologische Versuche an menschlichen Versuchspersonen, ohne uns über die Strukturfunktion, die dabei von entscheidender technischer Bedeutung ist, zuvor sachlich genauer klar zu sein: So besitzen wir auch beim Menschen viel genauere Kenntnis von

[1] Vgl. hierzu in der vorigen Schrift (Intelligenzprüfungen usw.) den Anfang des 2. Kapitels. — Sollte jemand jetzt hinterdrein sagen, daß die Tiere »wählen«, habe man doch stets gemeint, und daß das in Strukturfunktion geschehe, hätte schon aus dem feinen Unterscheidungsvermögen der Tiere geschlossen werden können, so macht er jetzt den Sinn des Wortes »wählen« bestimmter, strenger, als er je in der Tierpsychologie war: und zu zweit führt er einen plausiblen Hinweis auf die Strukturfunktion an, der leider nicht beweisend ist (vgl. oben 2).

sinnesphysiologischen Daten als von den Strukturfunktionen, mit deren Hilfe jene fast alle gewonnen sind[1].

Man muß allerdings anmerken, daß es in manchen Fällen auch für die Wahldressuren selbst recht wichtig ist, in welchem Maße sie absoluter oder struktureller oder gemischter Natur sind. Wird z. B., wie es vielfach geschieht, die Wahldressur nicht zu sinnesphysiologischen Zwecken benutzt, sondern zur Untersuchung des Gedächtnisses, des Lernens, so kann natürlich sehr viel auf die Erkenntnis ankommen, daß man zwei verschiedene superponierte Lernwirkungen untersucht. — Wenn zweitens Fragen zu beantworten sind, wie wir sie in den »Optischen Untersuchungen usw.« aufgeworfen haben, so leuchtet die Wichtigkeit dieses Gesichtspunktes ohne weiteres ein. D. Katz z. B. hat die Ansicht ausgesprochen, in den Versuchen über die Oberflächenfarben beim Haushuhn könnten die Hühner auf die »Helligkeitsdifferenz« Futtergrund (Dressurfarben) dressiert gewesen sein; diese Differenz sei relativ unabhängig von der Beleuchtung, und so hätten die Tiere ein Kriterium gehabt, das in damaligen kritischen Versuchen konstant bleibe: man brauche also nicht auf Konstanz der Oberflächenfarben zu schließen. Der Ausfall der jetzt berichteten Versuche zur Theorie der Wahldressur zeigt, daß diese Erklärung nicht statthaft ist. Käme es bei der Dressur auf die »Helligkeitsdifferenz« Futtergrund an, so müßten die Hühner in den kritischen Versuchen unsrer jetzigen Fragestellung absolut fressen; denn nur bei der alten Dressurfarbe ist hier im Transponierversuch diese Differenz dieselbe, bei der neu hinzukommenden Farbe ist sie ganz verändert, und doch wird gerade die letztere Farbe häufiger gewählt. Auch daß die Tiere tatsächlich in einem sehr merklichen Prozentsatz der Fälle absolut wählen, hilft nichts. Denn die Hühner der früheren Versuche haben in keiner Prüfung weniger denn 92 Prozent der kritischen Wahlen im Sinn menschlicher Oberflächenfarben entschieden: annähernd in demselben Maße wenigstens müßten also die kritischen Wahlen der neuen Versuchsart absolut ausfallen (wenn die Katzsche Erklärung zutreffen sollte), und davon kann ja gar keine Rede sein, da wir nur in einem einzigen Fall auch nur an 50 Prozent absoluter Wahlen herangekommen sind. Es ist eben nicht die Helligkeitsdifferenz Futtergrund, mindestens ebensowenig wie die absolute Farbe der Papiere, sondern es ist das Zueinander der Dressurfarben, woran sich in der Hauptsache die Lernwirkung anschließt. Im übrigen hat sich inzwischen ja auch in direkter Nachprüfung des Katzschen Einwandes klar herausgestellt, daß die vorgeschlagene Erklärungsweise nicht zutreffend ist[2].

Die wesentlichen Konsequenzen scheinen mir in andrer Richtung zu liegen. Es ist zwar eine Frage von bedeutendem Interesse, ob eine Tierart z. B. farbentüchtig ist oder nicht, und man wird immerhin Wert darauf legen, die bei der Untersuchung verwandte Methode theoretisch klar zu übersehen; aber wenn sich dabei die Wirksamkeit von Strukturfunktionen, in gewisser Hinsicht unzweifelhaft dem Ausgangspunkt der höheren Psycho-

[1] Vgl. oben 7.

[2] »Die Farbe der Sehdinge beim Schimpansen und beim Haushuhn«. Die Notiz dürfte inzwischen in der Zeitschr. f. Psychol. erschienen sein, in der auch die Besprechung von Katz sich findet (75, 386). [Erschienen Bd. 77, 1917, S. 248 ff. Stumpf.]

logie, so deutlich herausstellt, dann ist dies Ergebnis wohl den sinnesphysiologischen mindestens gleichwertig, und das methodische Interesse an den Wahldressuren erfährt insofern eine Verschiebung, als sie (in oben angeführten Variationen und »kritischen Versuchen«) nunmehr dazu verwendbar werden, die einfachsten Strukturfunktionen als einen Gegenstand von genügendem Eigenwert zu untersuchen.

An dem (positiven) Ergebnis der bisherigen Prüfungen fällt unter diesem Gesichtspunkt zweierlei auf: Die Wahldressur bei genügend weit voneinander entfernten Farben ist eine der niedrigsten Leistungen, die wir optisch brauchbaren Tieren zumuten; selbst dabei stellt sich die Strukturfunktion — ohne unsere Beihilfe in dieser Richtung — schon als ein entscheidendes Moment für das Verhalten des Tieres heraus. Als solches fanden wir sie beim Huhn, einem Vertebraten nicht sehr hoher Entwicklungsstufe, der noch in allerleichtesten Intelligenzprüfungen eine unglückliche Figur macht. Also läßt sich die Möglichkeit gar nicht von der Hand weisen, daß die gleiche Funktion in ähnlichen Versuchen noch tiefer hinab, bei Reptilien etwa, festzustellen ist, ja ohne vorherige Prüfung dürfen wir nicht einmal Wirbellosen (z. B. Insekten) diese Funktionsart absprechen.

Wenn nun, wie sich allmählich herausstellt, mit Strukturwirkungen selbst die höchsten Leistungen von Primaten, insbesondere solche des Menschen, auf das engste zusammenhängen, so gewinnen die relativ niedrig stehenden Tierformen, bei denen der Art nach gleiche Funktionen gefunden werden, dadurch einen gewissen Zuwachs an Ansehen; wenigstens muß man sagen, daß die Möglichkeiten, ihr Verhalten der Umwelt entsprechen zu lassen, für solche Tiere nicht ganz so ärmlich und eintönig sind, als ohne jede Strukturwirkung wohl notwendig wäre; und wo bisher dem unglücklichen Sparsamkeitsprinzip zuliebe eine Reaktion gar nicht hölzern genug erklärt werden konnte, haben wir nun das Recht und die Pflicht, die Natur für etwas reicher und farbiger zu halten. Man kann das größte Interesse an exaktem Vorgehen in der Forschung haben und dabei eines Ergebnisses in dieser Richtung froh sein.

Indessen wird man sich hüten müssen, diesem Tatbestand eine falsche Deutung zu geben. Beim Menschen führt von den Strukturfunktionen aus ein Weg zu Leistungen, die, im ganzen genommen, mit denen eines Huhnes kaum einen Vergleich zulassen. Es kann sich also nur darum handeln, den Vogel etwas mannigfaltiger ausgestattet, nicht aber darum, ihn gewisser-

maßen vermenschlicht zu sehen. Wir halten unwillkürlich die Strukturfunktion für eine Prozeßart, die auf höheren Organisationsstufen zu primitiveren Funktionen hinzukomme, und wären daher geneigt, die Tiere in einer höheren Gruppe von den übrigen abzuscheiden, die dergleichen schon aufweisen. Eine solche Ansicht wird der Wirklichkeit vielleicht wenig gemäß sein.

Zwischen Huhn und Mensch variiert der Grad, in welchem tierisches (menschliches) Verhalten überhaupt von Strukturfaktoren abhängt, und vor allem die Höhe der möglichen Strukturen[1] in der entschiedensten Weise. Der Fall eines Farbenpaares ist noch ungemein primitiv im Vergleich zu höheren Strukturen, mit denen der Mensch außerdem umgeht; und wenn das Tier einem solchen Paar gegenüber zu einer anscheinend recht klaren und festen Strukturbehandlung kommt, so darf man auch nicht vergessen, daß es eben Versuch um Versuch durch Tage dazu gedrängt wird, immer demselben Material seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Natürlich kann dadurch die Strukturfunktion nicht erschaffen werden, wenn sie nicht sonst schon zu den inneren Möglichkeiten des betreffenden Organismus gehört; auch ist ihr Überwiegen (über absolute Reaktionsweise) durch keinerlei spezielle Maßnahmen bedingt worden, aber wir können anderseits nicht behaupten, daß ohne den Zwang zu immer wiederholter Anspannung gegenüber dem gleichartigen Material, also auch »im täglichen Leben«, eine ähnlich klare Strukturbehandlung die Regel wäre. Im Versuch könnte neben der speziellen Lernwirkung (z. B. »weiße Seite!«) eine Art optischer Strukturübung hergehen. — Der erwachsene Mensch, der sich zwar, etwa in der Nähe der »Unterschiedsschwelle«, ebenfalls üben kann, mit schwächsten Spuren dieser Funktion umzugehen, bedarf doch für gewöhnliche Fälle einer solchen Übung nicht, sondern erfaßt diese und viel reichere Strukturen mit dem ersten Blick. Mancherlei Erfahrungen mit Tieren, insbesondere auch den Anthropoiden, lassen es als einen fundamentalen Unterschied zwischen ihnen und dem (erwachsenen) Menschen erscheinen, wieviel Mühe und Arbeit das bestimmte Erfassen einer Struktur macht, und welche Strukturen noch ohne besondere Anstrengung und Übung, »ganz von selbst« klar auftreten[2]. Dieser Maßstab darf nicht

[1] Gemessen gedacht an der Komplizierung des Materials, das in Strukturen, anstatt chaotisch auftritt, sowie an der Festigkeit und Straffheit der Strukturen.

[2] Vgl. »Intelligenzprüfungen usw.« Kap. 8.

vernachlässigt werden neben dem andern, bis zu welchen Strukturen und zu welcher Strukturklarheit es ein Organismus überhaupt irgendwie bringt.

Das ist der eine Gesichtspunkt, nach welchem es eine wenig wertvolle Gruppierung abgeben würde, wollte man Organismen nur wegen dieser höheren, ihnen prinzipiell gemeinsamen Funktionsart einfach in einer höheren Klasse zusammenfassen; diese Gruppenbildung würde allzu große Unterschiede vernachlässigen. Ein zweiter Anlaß, in dieser Richtung vorsichtig zu sein, besteht (gewissermaßen umgekehrt) darin, daß es möglicherweise eine scharfe untere Grenze gar nicht gibt, durch welche die Tiere mit jener Funktionsart von solchen ohne sie getrennt würden. Die Gruppenbildung setzt voraus, daß unterhalb einer gewissen Entwicklungsstufe die absolute Gegebenheit (Empfindung oder Erregung) das Verhalten der Organismen durchaus bestimme, während das Zueinander von Reizen oder Erregungen hier keine Wirksamkeit mehr habe. Vielleicht von einigermaßen problematischen Annahmen der Menschenpsychologie aus, nach denen »Empfindungen« als absolute und voneinander unabhängige Stücke den primitivsten Bestand des Bewußtseins bilden[1], neigen wir zu der Ansicht, den absoluten Erregungen komme auch entwicklungsgeschichtlich ein Primat zu gegenüber den einfachsten Wirkungen des Zueinanders von Reizen oder Erregungen. Gerade die Erfahrungen am Huhn könnten aber darauf hinweisen, daß wir hierin irren und allereinfachste Arten der Strukturfunktion aus den elementaren Eigenschaften des Nervensystems oder der lebenden Substanz überhaupt ebensogut und ebenso früh hervorgehen wie einfachste absolute Erregungen[2]. Ist diese Anschauung richtig, die ich jedenfalls für die vorsichtigere halten möchte, dann wird die erwähnte Gruppenbildung geradezu wertlos. Anstatt beim Huhn eine Leistung nachgewiesen zu haben, die das Tier mit höheren Organisationsstufen zusammenfassen ließe, hätten wir nur in einem Spezialfall bestätigt gefunden, daß die »Reizbeantwortung« überall etwas reichere Formen hat. Funktionen, die für die höchsten

[1] Diese Grundannahme pflegt man neuerdings durch ihr Gegenteil zu mildern, indem man sagt, »eigentlich sei ja nur das Gesamtbewußtsein gegeben«; nachher wird dieses aber doch wie früher behandelt, nämlich als eine Art Summe. Sollte der Satz mit dem Gesamtbewußtsein übrigens stimmen?

[2] Ich erinnere daran, daß »Strukturfunktion« nicht gleichbedeutend ist mit »Verhältniswahrnehmung«.

Leistungen von wesentlicher Bedeutung sind, würden danach im allgemeinsten Typus gleichartig, allerdings in enorm verschiedenen Graden, bis zu sehr tiefen Stufen der Organisation hinunter ebensowohl wirksam sein wie die absoluten Erregungen. Durch eine einfache Überlegung werden wir später in der Tat ableiten, daß dieser Satz richtig ist, und daß das Auftreten von elementaren Strukturwirkungen eine natürliche Folge fast jeder (hinreichenden) Reizung lebender Substanz darstellt[1]. Es hat gute Gründe, wenn Neurologen und Physiologen seit einiger Zeit sehr bemüht sind, sich das »Korrelations-« oder »Koordinationsproblem«, die »Integrative Reaktionsweise« von Organismen verständlich zu machen. Nur ein Teil und kaum der wesentliche von den Reaktionen auch niedrigstehender Organismen kann eben aus dem bloßen Nebeneinander und Nacheinander absoluter Reizwirkungen in Isolierung verstanden werden.

Soweit die Strukturfunktion selbst. Für die Theorie des Gedächtnisses ergibt sich auch hier eine Konsequenz, auf deren Wichtigkeit für die Psychologie des Menschen besonders O. Selz[2] in letzter Zeit hingewiesen hat. Als v. Ehrenfels zuerst den charakteristischen (phänomenalen und funktionellen) Typus der »Gestalten« seinen Haupteigenschaften nach darlegte, bestand eine der Behauptungen, durch die man die Tragweite seiner Gedanken einzuschränken suchte, in dem Satz: »Die betreffenden Erscheinungen erklären sich zum guten Teil daraus, daß Komplexe als Ganze reproduzierend wirken können.« Diese Formel kann entweder 1. ohne nähere Aufklärung darüber aufgestellt werden, weshalb solche Komplexe die sonderbare Eigenschaft haben, mehr zu leisten, als die Summe ihrer Teile zu leisten vermöchte; dann ist die Formel wertlos oder vielmehr schädlich, da sie das Problem wieder unter das Niveau zu drücken sucht, auf das es durch v. Ehrenfels gebracht war. 2. Eine nähere Aufklärung kann gegeben werden in dem Sinn, daß nur die gleichgerichteten Reproduktionstendenzen sämtlicher Teile sich durchsetzen (Konstellationstheorie); in diesem Sinn allein würde der Satz allenfalls als eine Art Einwand gegen v. Ehrenfels überhaupt vorzubringen sein. Eine solche Erklärung ist jedoch ganz unmöglich in den oben beschriebenen Versuchen, in welchen in der Tat »ein Ganzes reproduzierend wirkt«, aber in der Mehrzahl der

[1] Vgl. hier die Ausführungen von Koffka, Zeitschr. f. Psychol. **73**, S. 33 ff. nebst dem Zitat nach S. Becher, ebendas. S. 37.

[2] Über die Gesetze usw.

Fälle gerade entgegengesetzt, als aus vorhandenen »Reproduktionstendenzen von Teilen« abzuleiten wäre[1]. 3. Eine andere Deutung ist: Das Ganze reproduziert von seiner spezifischen Struktur aus. In diesem Fall haben wir es nicht mehr mit einem Einwand gegen v. Ehrenfels, sondern mit einer bestätigenden Anwendung auf das Gedächtnisgebiet zu tun: und dies ist auch der Fall, den wir für ein einfaches Beispiel, nämlich das qualitative Zueinander eines Farbenpaares, oben an einer Vogelart nachgewiesen haben.

II.

17. Nach den Ergebnissen an Hühnern ist man versucht, ohne weiteres vorauszusagen, daß die soviel höherstehenden Anthropoiden sich unter gleichen Umständen erst recht von der »höheren Funktion« bestimmt erweisen werden. Auf folgendem Wege kann man jedoch gerade zu der entgegengesetzten Erwartung kommen: Ist eine Struktur entweder durch zwingende Vorführungsart der »Reize« oder durch Übung strukturgemäßen Sehens in einem oft wiederholten Fall (oder durch beides) für den untersuchten Organismus stark wirksam geworden, so läßt sich gar nicht von vornherein behaupten, daß unter solchen Umständen Reaktionen gemäß der Struktur eine besondere Mehrleistung gegenüber absoluter Reaktionsweise bedeuten. Ja, man wird vielleicht eher sagen müssen, daß jetzt die absolute Reaktionsweise eine besondere und achtenswerte Mehrleistung ist, welche die nicht geringe Anforderung in sich schließt, die absolute Einzelgegebenheit aus einem starken Verbande herauszulösen, also eine Art Analyse auszuführen. Man sieht das leicht an einem Beispiel aus der menschlichen Psychologie: Es hat sich gezeigt, daß gegenüber »Täuschungsfiguren«, wie z. B. der Müller-Lyerschen, ein analysierendes Verhalten, welches die Hauptlinie aus dem Gesamtverband heraushebt, sehr wohl möglich ist und die »Täuschung« reduziert. Für die meisten Menschen, man kann wohl sagen alle, stellt jedoch diese Verhaltensweise entschieden eine besondere Mehrleistung dar, und das natürlichste, ganz ungezwungene Verhalten wird jedermann die Gesamtstruktur, die Hauptlinie in dieser

[1] Selz. a. a. O. S. 94ff. behandelt diese Frage auf dem Gebiet der raumzeitlichen Strukturen mit demselben Ergebnis.

»gebunden« und damit eine relativ starke »Täuschung« sehen lassen[1]. Haben wir also so hochstehende Tiere wie die Anthropoiden zu untersuchen, so können wir zwar im Lernvorgang wie in der kritischen Prüfung eine kräftige Strukturwirkung erwarten, gerade ihnen aber auch eher zutrauen, daß sie trotzdem eine Einzelgegebenheit (also etwa die positive Dressurfarbe) bei aufmerksamem Hinschauen einigermaßen isolieren und als ein Farbenindividuum für sich behandeln. Sollte dies in höherem Maße der Fall sein, so würden die Ergebnisse womöglich denen an niederen Vertebraten gewonnenen entgegengesetzt ausfallen. Wir haben ferner gesehen, daß die Hühner allem Anschein nach die Kenntnis einer absoluten Farbe relativ sehr schnell verlieren. Also liegt wieder die Tendenz einer Leistungssteigerung in der Richtung stärkeren absoluten Gedächtnisses, und auch infolge einer solchen Mehrleistung könnte der Anthropoide zu einem Wählen kommen, das von dem der Hühner abwiche. —

Dies sei vorausgeschickt, weil — in den bisherigen Untersuchungen — ein Schimpanse wirklich das einzige Tier gewesen ist, das es fertiggebracht hat, deutlich mehr absolut als strukturgemäß zu wählen. Nach den letzten Erwägungen wird man hierüber nicht allzu verwundert sein.

Nebenbei bemerkt man wieder, eine wie gefährliche Aufforderung es zur Zeit ist, in der Tierpsychologie mit »höheren Funktionen« zu sparen und also vorliegende Erscheinungen aus möglichst einfachen und niedrigen Funktionen zu erklären. Wer sagt uns in dem gegenwärtigen Zustand der Tierpsychologie, mit welcher Funktionsart wir einem Tier besonders viel zutrauen, welche in einem gegebenen Fall die einfache und niedrige ist? In unserm Beispiel würde die Strukturfunktion wohl allgemein als die »höhere« bezeichnet werden, und doch ist es leicht möglich, wo nicht wahrscheinlich, daß eine strukturmäßige Orientierung gegenüber Paaren in gewissem Sinn die einfachere Leistung bedeutet im Vergleich mit der absoluten Reaktion. Wenn eine Wissenschaft also noch so jung ist wie die Tierpsychologie, so wird man gut tun, weder möglichst »hohe« noch möglichst »niedere«, sondern immer die Funktionen in einem Verhalten zu finden, die man bei bester Beobachtung am ersten in ihm ausgedrückt sieht. Entscheidet die Beobachtung nicht mit genügender Sicherheit zwischen mehreren Möglichkeiten, so ist die Wahl der »niedrigen« Funktion für meine Logik genau so unberechtigt wie die der »höheren«, und man hat zu sagen: Diese Möglichkeiten bestehen; welche die zutreffende ist, erlauben die vorhandenen Daten nicht festzustellen. — Verfährt man nicht so, sondern hält sich auf Grund irgend-

[1] Vgl. die Untersuchungen von Benussi, die sich kurz zusammengefaßt finden im Archiv f. d. ges. Psychol. **32**, S. 396 ff., besonders S. 409 f. — Anderseits kann man durch ein ebenfalls aktives Verhalten (eine besondere Mehrleistung) die Struktur im ganzen, damit auch die »Täuschung« begünstigen, so daß sie über ihren Betrag bei ungezwungenem Verhalten noch hinauswächst (Benussi).

welcher Voraussetzungen an bestimmte Funktionen als die einfachen, so ist man in Gefahr zu sparen wie ein Mann, der sich sagte: Gold ist wertvoll, das spare ich und deshalb für jede Ware einen Hundertmarkschein ausgab. Wenn man sparen will, so muß man den Wert der Geldsorten kennen. Welche Deutung eine große und welche die kleinere theoretische Ausgabe bedeutet, das kann aber in der Tierpsychologie nur ausgedehnte Erfahrung lehren, die wir gewiß noch nicht besitzen. Hierüber willkürliche Voraussetzungen zu treffen und durch sie die Art der Ausgaben von vornherein festzulegen, das ist geradezu ein dogmatisches und unvorsichtiges Verfahren, so vorsichtig auch die Sparsamkeitsvorschrift klingen mag.

18. Mit Farben der tonfreien Reihe wurde die Schimpansin Chica geprüft. Da das Versuchstier aus zwei anderen Schriften bekannt ist, genügen einige Worte über das Versuchsverfahren, soweit dieses von dem früheren abweichend gewählt wurde (vgl. »Optische Untersuchungen«).

Die Farbflächen, wie früher an der Frontwand zweier Kasten angebracht, wurden diesmal anstatt 6×7 cm² etwa 11 cm² groß gewählt, in der Absicht, die eigentlichen Lernobjekte auffälliger und damit das Lernen selbst leichter zu machen (vgl. u. S. 50 ff.). Chica sah die beiden Kasten, etwa $^3/_4$ m entfernt, gerade vor sich auf einem Tischchen, die eine Farbe von der andern durch ungefähr 10 cm Zwischenraum getrennt. — Eine wesentliche Vereinfachung und Zeitersparnis führte ich dadurch ein, daß das Tier nicht mehr den gewählten Kasten zu sich heranzuziehen brauchte, sondern ihn zugereicht bekam, nachdem es vermöge seines Stockes angegeben hatte, welchen von beiden es haben wollte. Sobald man auf diese Weise die Bewegung des eigentlichen Heranziehens überflüssig zu machen beginnt, unterlassen die Tiere von selbst die unnötige Anstrengung und legen einfach das Stockende auf das gewählte Frontbrett. Kommt man dieser, nunmehr »symbolischen« Bewegung nicht sogleich nach, so klopfen sie wohl ein paarmal nachdrücklich auf den gewünschten Kasten. Wie man sieht, ist bei diesem Verfahren eine Wahldressur am Schimpansen der Ausbildung einer Art konventioneller Zeichensprache für den speziellen Fall angenähert äquivalent. Ich habe dies Verfahren weiterhin durchweg beibehalten, aber die größte Aufmerksamkeit darauf gerichtet, daß die Tiere keinen Mißbrauch mit dem Entgegenkommen des Versuchsleiters treiben können. Übrigens hat nur Sultan überhaupt versucht, gelegentlich, wenn er seiner Sache nicht sicher war, durch unklares Herumlavieren mit dem Stock über und zwischen den Kasten einer scharfen Entscheidung zu entgehen und so die Wahl praktisch dem Versuchsleiter zuzu-

schieben. In diesem Fall — der also nur bei Unsicherheit vorkommt — geht man am besten ganz radikal vor und beachtet das Manöver gar nicht, bis das Tier sich herbeiläßt, »Farbe zu bekennen«; auch Aussetzen der Fütterung, bis bei gesteigertem Hunger die Wahlen entschiedener ausfallen, würde im Notfall wirken. Es ist dabei wesentlich, schon die ersten Anfänge der Undeutlichkeit zu bekämpfen, und wenn das geschieht, so kommt es gar nicht erst zu weiterer Degeneration der »Zeichensprache«. Unter den Versuchen, über die hier und später berichtet wird, ist kein einziger, bei dem der Hinweis des Tieres unklar gewesen wäre. Bei irgend undeutlichem Zeigen wurde weder der eine noch der andre Kasten zugereicht, sondern der Versuch gestrichen und nach einer kurzen Pause ein neuer gemacht.

In die Lernversuche schob ich wie früher nach gelungener Dressur Kontrollreihen ein, in denen der dem Tier sichtbare Versuchsleiter nicht sah, wie dieses wählte, der Ausfall der Wahlen vielmehr von einem Beobachter festgestellt wurde, den wiederum das Tier nicht sehen konnte. In keinem einzigen Fall gab es hierbei eine Störung, und wenn man aus einem Versteck zusieht, wie es beim Wählen zugeht, zeigt sich immer wieder, daß das Versuchstier ganz auf die Wahlobjekte gerichtet ist und nur nach der Wahl gelegentlich hinschaut, ob ihm jetzt der Kasten gegeben wird. — Verschärfte Kontrolle in dieser Hinsicht wandte ich bei den kritischen Versuchen an, insofern in diesen dem anwesenden Versuchsleiter überhaupt nicht bekannt war, um welche Raumlage es sich jedesmal handelte, sondern diese durch einen Gehilfen vor jedem Versuch bestimmt wurde, der aber seinerseits unsichtbar blieb, während das Tier wählte. — Nach sehr vielen Erfahrungen bin ich übrigens jetzt geneigt, diese Vorsichtsmaßregeln für etwas übertrieben zu halten: bei einer leichten Wahl zwischen zwei hinreichend verschiedenen Farben dürfte es dem Schimpansen doch viel bequemer sein, sich sachlich zu entscheiden, als nach dem Verhalten eines Versuchsleiters von normaler Selbstbeherrschung. Mutet man einem Affen Unmögliches an Leistungen zu, dann allerdings scheint es mir wohl denkbar, daß er auf derartige Nebenwege gerät, aber in einer nachgerade sehr beträchtlichen Reihe von Kontrollprüfungen in dieser Richtung habe ich hier noch nie eine Wirkung auf die Ergebnisse konstatieren können.

Auf andre Vorsichtsmaßregeln, wie Auswechseln der Papiere gegen neue, Umdrehen der Zuordnung von Farbe und Kasten, undurchsichtigen Wechsel der Raumlage, gehe ich nicht noch einmal ein: mit allen diesen Dingen wurde es gehalten wie in den »Optischen Untersuchungen«, wo hierüber genügend berichtet ist.

Chica lernte (20. bis 27. 2. 1915) von den Farben 5 und 24 (wie Huhn VI) die weißliche (5) wählen. Sie kam gut voran und konnte zu kritischen Versuchen übergehen, nachdem von im ganzen 232 Lernversuchen die letzten 75 nur einen Fehler enthalten hatten. Die Prüfung mit den Paaren 1 und 5 sowie 24 und 49 geschah in je 20 Versuchen, die, in Gruppen von jedesmal 10 auf vier Tage verteilt, folgendes Ergebnis hatten:

28. 2. 1915 Farben 24 und 49 vorm.	Alle 10 Male wird die bisher negative Farbe (24), also die weiße Seite des neuen Zueinander gewählt;
nachm. Farben 5 und 24	In 10 Lernversuchen wird jedesmal richtig die Farbe 5 gewählt;
1. 3. Farben 1 und 5	2mal wird die positive Farbe der Dressur, 3mal die neue (ganz weiße) Farbe 1 gewählt.

Am Nachmittag dieses und dem Vormittag des folgenden Tages war Chica bei kaltem, nassem Wetter nicht einmal zu Übungsversuchen zu brauchen, sondern lief heulend im Versuchsraum umher; bei schlechtem Wetter ist den Tieren die Isolierung doppelt verhaßt. Man muß sich wohl hüten, eines Programmes wegen an Tieren in diesem Zustand entscheidende Versuche machen zu wollen. (Vgl. die Erfahrung am gleichen Versuchstier in den »Optischen Untersuchungen« S. 35f.) Am folgenden Tage nachmittags beruhigte sich Chica wieder, und nach 40 Übungsversuchen (mit 2 Fehlern) konnte die kritische Prüfung fortgesetzt werden.

4. 3. Farben 24 und 49..... vorm.	Eine Wahl fällt auf 49, die übrigen 9 auf die bisher negative Farbe 24;
nachm. Farben 5 und 24	10 Lernversuche verlaufen ohne Fehler;
5. 3. Farben 1 und 5	Alle 10 Male wird die (neue) weiße Seite, also Farbe 1 gewählt.

Von 20 Versuchen mit Transposition nach der positiven Seite sind also 2 absolut, 18 im Sinn der Struktur ausgefallen; bei den 20 Wahlen der andern Art ist das Verhältnis 1 : 19. Chica transponiert, ohne irgend in dieser Richtung beeinflußt zu sein, in der Schwarz-Weiß-Reihe fast vollständig.

Zu diesem Nachweis eines ausgeprägt strukturellen Wählens sind folgende Bemerkungen zu machen:

1. Alle vier kritischen Gruppen waren jedesmal die ersten Versuche an dem betreffenden Tage frühmorgens; die letzten Lernversuche hatten immer am Nachmittag zuvor stattgefunden.

2. Beide Kasten enthielten in den kritischen Versuchen Nahrung, und das Tier erhielt den gewählten Kasten mit Inhalt, sobald es sich, einerlei für welche Farbe, entschieden hatte.

3. Die beiden absoluten Wahlen gegenüber dem Paare 1 und 5 fallen auf die ersten beiden Versuche mit diesen Farben überhaupt (am 1. 3.). Wollte man nicht schon hieraus schließen, daß es sich um wirklich absolute Entscheidungen (nicht um bloße »Fehler«) handelt, so müßte man es doch wegen Chicas sonstigen Verhaltens bei diesen beiden Wahlen tun. Denn als das Tier den ersten Blick auf das kritische Paar warf, stutzte es deutlich

und entschied dann mit ungewohnt langsamer Bewegung des Stockes für die alte Farbe 5, während es die neue Farbe 1 wie bedenklich »von der Seite« betrachtete. Der zweite Versuch verlief schon schneller, aber noch im gleichen Sinn; im dritten war das Tier schon genügend an den neuen Anblick gewöhnt, und die Struktur siegte im weiteren Verlauf dieser und in der ganzen (4 Tage später liegenden) zweiten Versuchsreihe. Auch bei Chica kommt die absolute Lernwirkung der Übungsversuche wohl am stärksten in anfänglicher Fremdheit einer neuen Farbe zum Ausdruck. — Der Wechsel der Wahlrichtung vom 2. zum 3. Versuch ist wegen der Bedingung 2 (vgl. o.) vollkommen unabhängig vom Versuchsleiter erfolgt. Man hätte ebensogut erwarten können, daß die Wahlrichtung der ersten beiden Versuche, da sie ja dem Tiere Erfolg bringt, in allen weiteren Wahlen um so eher wiederkehren werde. Daß trotz dieses Anfanges weiterhin das Gegenteil geschieht, zeigt an sich schon, wie stark die Tendenz zu strukturgemäßer Wahl ist.

In der bereits einmal erwähnten Besprechung der früheren »Optischen Untersuchungen« hat Katz gegen unsern Nachweis der Oberflächenfarben auch beim Schimpansen zwei Einwände erhoben. Nach dem ersten könnten die Anthropoiden auf die »Helligkeitsdifferenz«-Versuchsfarberahmen dressiert gewesen sein, nach dem andern die »weiße« Farbe im kritischen Versuch deshalb weiter gewählt haben, weil nur für die »schwarze« eine (umkehrende) Beleuchtungsänderung eingeführt wurde, während die »weiße« in ungefähr gleicher Beleuchtung blieb (nur in »leichten« Versuchen anomale Beleuchtung erfuhr). Die zweite Annahme setzt voraus, daß die Tiere von Natur dazu neigen, absolut zu wählen; auch nach der ersten müßte Chica in diesen neuen Versuchen notwendig absolut wählen, da beim Übergang zum kritischen Paar jene »Helligkeitsdifferenz«-Farberahmen bei der alten Farbe (5) dieselbe bleibt, bei der andern (1) stark abweichend ist. Im übrigen haben die Tiere diese Erklärungen der früheren Versuche inzwischen direkt widerlegt (vgl. o. S. 34).

19. Dieselbe Prüfung hätte ich gern auch an Sultan und Grande vorgenommen, die ja im Wählen tonfreier Farben von andern Versuchen her unterrichtet sind. Da diese Tiere aber schon damals die Farbe 1, also die hellste vorhandene zusammen mit 41 gesehen und gewählt haben (vgl. a. a. O. S. 49f.), so wären Versuche mit dem Paar 3 und 1 (oder auch 5 und 1) wegen dieser früheren Erfahrung mit 1 nicht mehr ganz einwandfrei und beweisend für die bisher behandelte Frage.

Anstatt nun noch einen andern Schimpansen in der gleichen Richtung zu dressieren und dann zu prüfen, hielt ich es — besonders nach dem deutlichen Ergebnis von Chicas Versuchen — für besser angebracht, in diesem einen Fall wenigstens die überall fehlenden Parallelfeststellungen

an einem menschlichen Kind geringen Alters vorzunehmen[1]. Fast bei jeder Untersuchung an den Anthropoiden (und gemäß 16 auch z. B. an Hühnern), hat man ja selbst bei in sich klarem Versuchsausfall hinterdrein ein etwas unbefriedigtes Gefühl wie von Unbestimmtheit des Ergebnisses, solange nicht auf verschiedenen Entwicklungsstufen (und in verschiedenen Entwicklungszweigen) entsprechende Versuche angestellt sind. Erst wenn auch diese vorliegen, kommt man in die Lage, die Bedeutung des Versuchsausfalls genau zu fixieren, indem man das Einzelergebnis für einen biologischen Typus als Spezialfall einer allgemeinen »Kurve« darstellt, welche die betreffende Erscheinung in ihrer Ausgeprägtheit durch ganze Entwicklungsreihen hindurch wiedergibt. Auf einem zukünftigen Niveau tierpsychologischer Forschung werden solche Kurven mit anderen in Beziehung gebracht werden, welche die Ergebnisse neurologischer (anatomischer und physiologischer) Forschung an den gleichen biologischen Typen darstellen[2].

Untersuchungen an Kindern über die hier aufgeworfene Frage sind als ein Übergang von der phänomenologischen Psychologie des erwachsenen Menschen zu der objektiven Untersuchung tierischen Wählens aufzufassen, wenn man zu den Versuchen kleine Menschen heranzieht, die noch nicht sprechen, oder, falls sie schon über einige Worte verfügen, doch die spät auftretenden Farbnamen noch nicht besitzen. Damit geht der Versuchsbeginn in eine Art vorbereitende »Dressur« wie beim Tier über, und die kritischen Wahlen entscheiden genau auf dieselbe Weise wie bei diesem. Anderseits wird dasselbe Kind — von pathologischen Fällen abgesehen — kurze Zeit später über Farbnamen verfügen und sich über sein Verhalten zu Farbpaaren sprachlich in ganz ähnlicher Weise ausdrücken wie ein Erwachsener. Niemandem wird es wohl einfallen, die äußere Veränderung, die hierdurch gegeben ist, als ein Anzeichen von Grund aus veränderten funktionellen Verhaltens beim Wahlvorgang anzusehen. Ist also der Versuchsausfall dem von Anthropoiden (und z. B. Hühnern) her bekannten merklich gleichartig, so werden wir behaupten, wirklich eine und die-

[1] Vgl. »Intelligenzprüfungen« usw. Schlußbemerkungen.

[2] Ich erinnere an die Bestrebungen etwa von Edinger auf neurologischem und Hess auf ophthalmologischem Gebiet. Wenn man bedenkt, wieviel mehr besonders von der psychologischen Seite bereits geleistet sein könnte oder mit den gegenwärtigen Methoden zu leisten wäre, so muß es bedauerlich erscheinen, daß in den Vereinigten Staaten allein einigermaßen hinreichende Arbeitsstätten für allgemeine »biologische Psychologie« geschaffen sind.

selbe Grundfunktion vom Tier über das Kind bis zum Erwachsenen verfolgt zu haben[1].

Einem mittelbegabten Knaben (deutscher Abstammung) von fast drei Jahren, dessen Sprachschatz noch stark unter dem Durchschnitt dieser Altersstufe geblieben ist, werden die beiden Versuchskasten Chicas mit den gleichen Frontfarben (5 und 24) vorgesetzt unter der Aufforderung: »Nimm einen!«. Diese Worte, sowie von seiten des Kindes gelegentlich ein »Der!« unter Hinweisen mit der Hand, waren alle sprachlichen Äußerungen, die im Verlauf der Versuche vorkamen. Das Lernen geschah ohne jede vorausgehende Aufklärung allein auf Grund des Erfolges (Kasteninhalt), welcher den Wahlen des hellgrauen Papiers zugeordnet war. Nach dem 15. Versuch dieser Art ganz unbeeinflußten Lernens machte das Kind, durch Ruhe und eine gewisse befangene Andacht vor den Schimpansen sehr vorteilhaft ausgezeichnet, nie wieder einen Fehler. Nach zwei Tagen (45 Versuchen überhaupt) erschien es angebracht, die kritischen Wahlen folgen zu lassen, damit das Interesse nicht allmählich erlahme. Deshalb wurde am dritten Tage die Prüfung begonnen, die folgendermaßen verlief:

18. 3. 15. Farben 1 und 5 . . . vorm.	Das Kind zeigt im ersten Versuch keinerlei Verwunderung über das (objektiv) veränderte Paar, sieht einige Male hin und her zwischen den Farben und greift dann ruhig nach 1. Neun weitere Versuche verlaufen schneller, alle jedoch im gleichen Sinn.
nachm. Farben 5 und 24 . .	Eine Reihe von 10 Übungsversuchen verläuft fehlerfrei, in diesem Paar wird stets 5 gewählt.
19. 3. 15. Farben 24 und 49 . . vorm.	In allen zehn Versuchen wird die helle Seite des Paares (das bisher negative 24) gewählt. Die Entscheidungen machen durchaus den Eindruck der Sicherheit. Die Farbe 49 wird mitunter wie prüfend angesehen.

[1] Allerdings wird hierbei noch eine Einschränkung im Sinn der Festsetzungen von 8 erforderlich sein. Wir haben in der objektiven Psychologie noch keine Methode, zwischen »Verhältniswahrnehmung« und »Sehen von Paaren in Struktur« zu unterscheiden. Doch kann ja dieser Unterschied, wie erwähnt, vorläufig als sekundär gelten.

Um festzustellen, ob man die Wahlen des Kindes auf ähnliche Weise beeinflussen könne, wie es bei zwei Hühnern gelungen war, ließ ich auf eine Übungsreihe am Nachmittag (Farben 5 und 24) eine weitere Prüfung mit 1 und 5 fast sofort, d. h. nach einer Pause von nur $2^1/_2$ Minuten folgen. Aber auch unter diesen Umständen fielen die (fünf) kritischen Versuche im Sinn der Struktur aus (Wahlen von 1); freilich entschied sich das Kind jetzt merklich zögernd und weniger sicher, offenbar doch unter der Nachwirkung der so kurz zuvor gesehenen Farben 5 und 34.

Diese Versuche am dreijährigen Kind sind den Prüfungen von Chica den Bedingungen und dem Ergebnis nach so analog, daß es sicherlich ganz ungerechtfertigt wäre, wollte man in beiden Fällen nicht die Wirksamkeit einer und derselben Grundfunktion sehen. Die Struktur des Farbenpaares scheint für den Knaben ausschlaggebend zu sein in einem Maße, das für den Erwachsenen im gewissen Sinn sogar nicht mehr besteht. Wir werden allerdings, wo es darauf ankommt, mit weit schwächeren und auch mit weit komplizierteren Strukturen fertig, als es diesem Kind möglich wäre; aber wenn wir zwei Tage lang von den Farben 5 und 24 immer 5 gewählt haben, so werden wir am dritten, plötzlich 1 und 5 gegenübergestellt, keineswegs mit der naiven Selbstverständlichkeit 1 wählen, wie es das Kind getan hat, sondern vielleicht 5 wiedererkennen, wohl sicher die reinweiße Farbe 1 als ungewohnt und neu vermerken und durch beides zusammen wenigstens zu schwankender Überlegung gebracht werden, deren Ausfall je nach Umständen, Interesse u. dgl. verschieden sein kann. Gerade auch das absolute Erkennen von Farbenindividuen ist eben beim Erwachsenen gesteigert, und dieser Umstand läßt ihn nicht mehr in demselben Maße vom Zueinander der Farben unvermerkt beherrscht werden. Unter speziellen Bedingungen, wenn nämlich die Farben einander qualitativ sehr nahestehen, können auch wir kaum vermeiden unter Transposition auf sie zu reagieren, und im (ohne unser Wissen untergeschobenen) Paar ($a\,b$) das a so zu behandeln, wie im gewohnten Paar ($b\,c$) das b behandelt wurde; wenn man die beiden Paare nicht gleichzeitig nebeneinander oder sehr bald hintereinander vorgelegt bekommt, wird man im unwissentlichen Versuch sicherlich so verfahren, ohne es selbst zu bemerken. Ich habe das als Versuchsleiter der Tiere mitunter unfreiwillig an mir feststellen müssen. Für so nah benachbarte Farben arbeitet unser absolutes Gedächtnis

nicht mehr fein genug, und die Reproduktion von der Struktur aus wird zwingend, wenn wir keine besonderen Maßnahmen dagegen treffen.

20. Die Art des Lernens, durch welche der Knabe dazu kam, nur mehr die weiße Seite des Paares zu wählen, gibt zu einigen allgemeineren Bemerkungen Anlaß. In Amerika, wo bereits in mehreren Fällen die Dressuren von Tieren zu Parallelversuchen an Kindern Anlaß gaben, hat sich herausgestellt, daß der Mensch schon in sehr jugendlichem Alter Aufgaben des »Wahldressur«-Typus im allgemeinen unter abruptem Wechsel des Verhaltens zu beherrschen anfängt. Ganz ebenso unsere Versuchsperson, obwohl sie, wie gesagt, keinerlei besondere Aufklärung oder Belehrung erfuhr. Ihre erste und sofort entscheidende Lernreihe sieht so aus:

R	*L*	*L*	*L*	*L*	*R*	*L*	*L*	*L*	*L*	*L*	*L*	*L*	*L*	*L*	*L*	*R*	*R*	*L*	*L*	*R*	*L*	*L*	*L*	*R*[1]
+	−	−	−	+	+	−	−	−	−	−	−	+	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
				5					*10*					*15*					*20*						*25*

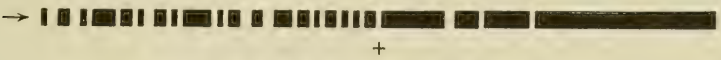
Das Kind fängt also zufällig mit einem Treffer an, beharrt aber zunächst bei der betreffenden Raumseite fast vollständig und wird von diesem Einfluß erst nach einer längeren Reihe (vom Versuchsleiter durch konstante Raumlage stark begünstigter) Mißerfolge wieder frei. Dann aber wird sein Wählen plötzlich ganz von den Farben, in erster Linie wohl von ihrem Zueinander abhängig, und der Knabe beherrscht weiterhin die Aufgabe vollkommen, obwohl zwischen dieser ersten Reihe und der folgenden (also zwischen Versuch 25 und 26) eine Nacht und ein Gesamtintervall von etwa 18 Stunden liegt.

Ich habe schon früher bemerkt[2], daß Ähnliches sich beim Lernen Sultans zeigte, als er ebenfalls mit einem tonfreien Farbenpaar zu tun hatte. In einem Punkte allerdings waren die Bedingungen in diesem Fall andere, aber dieser Umstand macht die Erscheinung nur noch interessanter. Sultan wurde schon lange Übungsversuchen unterworfen, ohne daß sich eine deutliche und starke Lernwirkung zeigen wollte. Das entscheidende Bruchstück ist in dem graphischen Schema so dargestellt, daß jede einzelne Wahl durch ein Einheitsfeld und jede richtige durch Schwarzfärbung des betreffenden Feldes bezeichnet ist. Da wo unter einem Fehler das Zeichen angebracht

[1] Die Buchstaben bezeichnen die Raumlage (vom VI aus).

[2] Optische Untersuchungen (Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1915, Phys.-Math. Klasse Nr. 3) S. 27 Anm. 1.

ist, wurde mir das »Dressieren« zu langweilig, und ich versuchte das mir als klug bekannte Tier durch einen direkten Hinweis zu fördern: ich nahm beide Versuchskasten und zeigte Sultan mehrmals abwechselnd den leeren und den gefüllten, indem ich das Tier zugleich mit allen Mitteln (Zeigen usw.)[1] auf die Frontfarben aufmerksam zu machen suchte. Darauf folgten gleich 12 richtige Wahlen hintereinander, was noch nie vorgekommen war, und trotz vereinzelter Fehler machte das Vorgehen Sultans überhaupt von jetzt ab einen durchaus veränderten, klaren und gesetzlichen Eindruck.



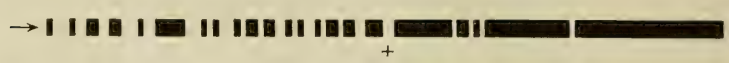
Sollte die graphische Darstellung dieses Ergebnis einer gar nicht »dressurgemäßen« Belehrung nur unvollkommen erkennen lassen, so kann man es jedenfalls zahlenmäßig in der Tatsache wiederfinden, daß in den letzten 50 Wahlen *vor* dem Eingriff 19 Fehler enthalten sind, in 50 unmittelbar *folgenden* nur noch 4. Da hierbei auf die Trennung einzelner Versuchsgruppen durch Intervalle von vielen Stunden (Nächte) keine Rücksicht genommen ist und diese Intervalle zwar Ermüdung verhindern, aber zugleich ein »Herauskommen« aus dem gesetzmäßigen Verhalten (Fehler zu Anfang einer Tagesreihe) wohl begünstigen, so scheint es, als hätte die Belehrung einen tiefgreifenden und dauernden Einfluß gehabt.

Einen wenigstens ähnlichen Fall von Wirkung besonderer Hinweise habe ich inzwischen an Grande beobachtet (vgl. u. S. 81).

Wenn die Hauptwirkung einer solchen Unterweisung darin liegt, daß das Tier auf die Farben oder ihr Zueinander nachdrücklich aufmerksam gemacht wird, dann muß es auch möglich sein, daß einem Tier *ohne* Hilfe des Lehrers — in einem glücklichen Moment — die charakteristische Eigenschaft des Objektpaares plötzlich auffällig und von da an bestimmend

[1] Das wirksamste Zeigen geschieht gegenüber Schimpansen nicht mit der Hand, sondern mit den Augen, wenn man nur das »Hinschauen« mit so viel Mienenspiel von der Färbung des allergrößten Interesses begleitet, wie sich irgend aufbringen läßt. Es ist nicht schwer, etwa alle Schimpansen der Station auf einmal genau auf die gleiche Stelle sehen zu machen, indem man plötzlich den heftigsten Schreck markiert und dabei wie gebannt auf den gewünschten Punkt starrt. Sofort fährt auch die schwarze Gesellschaft zusammen wie vom Blitz getroffen und starrt an die gleiche Stelle, selbst wenn da gar nichts zu sehen ist. — Nach der üblichen Anschauung involviert das einen Analogieschluß auf »mein Bewußtsein«.

wird. In der Tat zeigte sich ein solcher abrupter Übergang von ganz zufälligen zu fast absolut sicheren Wahlen bei Chica, als sie die offenbar recht leichte Aufgabe hatte, zwischen zwei Kasten mit verschieden großen Frontbrettern zu wählen (a. a. O.). Das entscheidende Bruchstück des Ver-



laufs ist genau so wiedergegeben wie bei Sultan, aber an der Stelle der Marke ist diesmal ohne besondere Hilfe eine »Unstetigkeit« aufgetreten, d. h. hier hat der Verlauf noch mehr Verwandtschaft mit dem am Kinde beobachteten. (Von 50 Versuchen vor der Marke sind 25 falsch, die Wahlen erfolgen, wie es der Zufall mit sich bringt; in 50 Fällen nach dem entscheidenden Moment kommen nur noch 4 Fehler vor, das Tier beherrscht die Aufgabe bis auf Versehen in flüchtigen Augenblicken.)

Mit diesen Beobachtungen am Schimpansen stimmt sehr gut überein der Ausfall von Versuchen, die R. M. Yerkes nach der oben (S. 32) geschilderten Methode mit einem männlichen Orang anstellte. Dieser Anthropoide sollte stets die erste Tür links in einer Reihe benachbarter (aber der absoluten Lage nach wechselnder) Ausgänge wählen. Er machte lange Zeit hindurch keine rechten Fortschritte, aber von einem bestimmten Versuch an beherrschte er plötzlich die Aufgabe vollkommen.

Was bedeutet solch ein abrupter Übergang? Da er offenbar mit jenen anderen Unstetigkeiten in irgendeiner Beziehung steht, die früher als charakteristisches Einsetzen »echter Lösungen« in eigentlichen Intelligenzprüfungen beschrieben wurden[1] und wiederum Verwandtes beim »Nachahmen« des Schimpansen auftritt, so entspricht er wohl einer wesentlichen Eigenschaft anthropoidischer Begabung; zugleich gehört er zu dem Menschlichsten, das diese Tiergruppen beobachten lassen. Soweit das Lernen gegenüber einem Paar in Frage ist, habe ich aus den Erfahrungen in vielen solcher »Dressuren« folgenden Eindruck gewonnen:

Bei Chica und in der Folge bei mehreren ihrer Artgenossen (wie ja auch schon beim Huhn) finden wir das »Lernprodukt« hauptsächlich an die Struktur gebunden. Wenn man aber danach anstatt eines »reproduzierenden Momentes« absoluter Art ein anderes von Strukturcharakter setzt,

[1] Vgl. die dritte Stationsschrift, die wohl inzwischen in den Abhandlungen der Kgl. Preuß. Akademie erschienen ist. [Erschienen 1917, Phys.-math. Kl. Nr. 1. Stumpf.]

so stellt man den wirklich stattfindenden Vorgang immer noch nicht adäquat dar durch eine Ausdrucksweise wie: »es wird gelernt, eine Seite des Zueinanders mit einer bestimmten Reaktion zu verbinden«. Ich habe mich der Kürze wegen bisher einer ähnlichen Wendung bedient und muß um so mehr hervorheben, daß sie der schnell oder allmählich entstehenden Verbindung Struktur und Reaktion allzuviel und einer etwas anderen Art von »Lernen« allzuwenig Gewicht beilegt. Wollten wir die Zeit oder die Anzahl von Versuchen, kurz die »Arbeit«, die man aufwendet, um einen Schimpansen (auch wohl Hühner) derartige Aufgaben lernen zu lassen, zum größten Teil dem Entstehen jener »assoziativen Verbindung« anrechnen, so würden wir wohl gerade die wesentliche Leistung der Tiere nicht hoch genug einschätzen. Die Hauptaufgabe eines Schimpansen in sogenannten Wahldressuren ist das Herausfinden des eigentlichen Dressurmaterials. Es wäre nicht so schwer, »das reproduzierende Moment (z. B. Farben in Struktur) mit einer einseitig gerichteten Wahlreaktion verbinden zu lernen«, wenn jenes Moment einmal klar und fest während jeder Wahl vorläge; aber es ist recht schwer für die Tiere, das reproduzierende Moment überhaupt erst »auszubilden«, für immer scharf »herauszuheben«, wenn ihnen keine vorbereitende Aufklärung oder Hilfe gegeben wird oder in wirksamer Weise gegeben werden kann. Es liegt dem Schimpansen leider fern und ist auf seiner Organisationsstufe wohl kaum möglich, in solchen Situationen planmäßig nacheinander verschiedene Momente des Gesichtsfeldes einer Prüfung zu unterwerfen, bis das richtige durch Erfolg verifiziert ist. Ebensowenig fallen ihm sofort markante Unterschiede an den Kastenfronten spontan auf, die der erwachsene Mensch doch kaum in ihrer besonders günstigen Darbietung übersehen könnte, und so kommt alles darauf an, ob während der Wahlen die Farben oder ihr Zueinander einmal im Gesichtsfeld hervortreten, ob das fernerhin wiederholt, ob es schließlich dauernd geschieht.

Es ist wohl denkbar, daß die Schwierigkeit der Aufgabe für den Anthropoiden z. T. in dem Umstand liegt, der für den Menschen eher günstig wirkt, darin nämlich, daß die Anordnung (zwei Kasten, in allem, außer der Frontfarbe, gleich) um der Versuchsreinheit willen so sehr symmetrisch aufgebaut ist. Nimmt man einander qualitativ sehr nahestehende Farben und bringt sie in so streng symmetrischer Raumgliederung an — sie dürfen sich dabei nicht berühren —, so bemerkt man auch als Mensch, daß das Gleichgewicht der optischen Formen die Tendenz hat, den Farbenunterschied geradezu zu unterdrücken,

eine Symmetrie auch der Farben zu bewirken[1]. So ließe sich die Vermutung rechtfertigen, daß die Symmetrie der strengen Raumformen den Schimpansen auch relativ auffällige Farbengegeneinander nicht leicht erfassen läßt.

Man sieht, daß die Mißerfolge wie die Fortschritte im Lernen ebensowohl von diesem optischen Anteil wie von der Ausbildung der speziellen »Assoziation« abhängen können, und daß die Möglichkeit dieser letzteren eine Art Funktion jener optischen Orientierung ist. Diese scheint nun auf recht verschiedene Weise festgelegt werden zu können, entweder 1. in allmählicher Übung, so daß in ausgedehntem Verlauf der Dressur diejenigen Fälle immer seltener werden, wo das Farbenpaar einmal nicht herrscht; oder 2. in plötzlich klarem Erfassen des Farbenpaares (etwa während einer glücklichen Wahl), so daß es von nun an dominierend bleibt; und 3. in Zwischenformen, wo für eine Reihe Versuche das »optische Verhalten« des Tieres ganz nach dem Lernmaterial gerichtet erscheint, das Tier aber wieder »herauskommt«, sein »reproduzierendes Moment« verliert und nun für einige Versuche ratlos ist, bis es wieder in die adäquate Orientierung hineingerät usw.

Nach dieser Anschauung hat die immer noch recht große Anzahl von Lernversuchen, die der Schimpanse braucht, bis eine starke Wirkung auftritt, mit der speziellen »Assoziation« (»Nur eins von beiden!« »Jenes von beiden!«) vielleicht nicht so sehr zu tun, sondern muß verlaufen, bis die adäquate Weise des Sehens allmählich oder plötzlich fest wird. Auch hierfür ohne weiteres den Terminus »Assoziation« anzuwenden, würde mir unvorsichtig vorkommen. — Ebendiese optische Leistung kann man dem Schimpansen, wie es scheint, durch Hinweis im Gesichtsfeld einigermaßen erleichtern; bei Sultan ist sie einmal wohl zwischen zwei Versuchen ganz und gar gelungen. Das Beispiel läßt zugleich vermuten, daß die »Lernaufgabe« im gewöhnlichen Sinn, also hier: Wählen gerade der weißen Seite! durchaus keine sehr hohe Anforderung an den Schimpansen stellt, wenn nur optisch erst dasjenige »beherrschend da ist«, welches zwei Seiten als Wahlrichtungen darbietet. Die Anzahl beim Schimpansen erforderlicher Lernversuche würde außerordentlich abnehmen, wenn man in der Lage wäre, ihm zu sagen: »Nehmen Sie immer die eine von jenen beiden Frontfarben dort!«, wie man das einer menschlichen

[1] Ich glaube mich zu erinnern, daß mir die Erscheinung durch Wertheimer bekannt geworden ist.

Versuchsperson als Weisung geben kann, und wenn der Affe dann nicht nur die Worte als solche verstände, sondern ihnen zufolge auch sofort das Farbenzueinander zu fassen und festzuhalten wüßte.

Zusatz 1. Aus diesen Betrachtungen ergibt sich von selbst die Konsequenz, daß ein Schimpanse (von hinreichender Begabung) möglichst wenig im Stile der Wahl*dressur* lernen soll, daß man vielmehr sich und ihm Langeweile, Mühe und Verdruß des öden Verfahrens teilweise zu sparen vermag, indem man durch Hinweis und jede Art erdenkbarer Belehrung das Lernmaterial für ihn herauszuarbeiten sucht. Gelingt das, so ist alles übrige bald gewonnen, wennschon auch wieder Übung dazu gehören wird, daß dauernd und ohne weiteres Zutun des Versuchsleiters jenes Material beherrschend bleibt. — Um so strenger hat man hinterdrein, wenn das Lernen geglückt erscheint, den Nachweis zu erbringen, daß nunmehr keinerlei fehlerhafter Einfluß des Versuchsleiters auf das wählende Tier besteht.

Zusatz 2. Daß der Schimpanse nicht lange »Assoziationsarbeit« zu leisten braucht, wenn nur alles erforderliche Material erst einmal klar und fest gegeben ist, geht im Grunde schon aus den Ergebnissen der früheren Intelligenzprüfungen hervor (3. Stationsschrift): Die Mehrzahl der Lösungen, auf die die Tiere einmal gekommen sind, wird ja von dem einen ersten Mal an leicht reproduziert, nach zwei oder drei Malen aber treten sie *stets* unter gleichen Bedingungen mit großer Sicherheit auf, auch wenn die spontane *Erst*leistung offenbar Schwierigkeiten gemacht hat[1]. Danach ist es durchaus wahrscheinlich, daß mitunter ein Schimpanse auch die *Lern*aufgabe in einem einzigen oder sehr wenigen Versuchen »löst« und die Lösung beibehält, wenn nur in diesen Versuchen gerade die Struktur (allgemeiner: das Lernmaterial) im Gesichtsfeld herrschend ist. Bringt dabei z. B. Wahl der weißen Seite Erfolg, so kann das — bis auf Fälle von Unaufmerksamkeit — für weiterhin genügen.

Zusatz 3. In einem sehr wesentlichen Punkt aber unterscheiden sich die Lernversuche von den Intelligenzprüfungen auch quoad Gedächtnis: In *diesen* besteht zwischen Situation und Lösung ein sachlicher Zusammenhang, sie gehören für einsichtige Betrachtung zueinander; in *jenen* ist es z. B. eine vollkommen willkürliche Zuordnung, daß gerade der *weiße* Kasten Früchte enthält. So wird es verständlich, daß die Schimpansen bisweilen nach längerer Unterbrechung von Lernversuchen, die bereits weit vorgeschritten oder ganz abgeschlossen waren, für die *erste* Wahl neuer Prüfungen im unklaren darüber sind, *welche Seite* nun gerade die richtige ist. Ihr ganzes Verhalten läßt dann vermuten, daß sie die Orientierung über das Wesentliche der Aufgabe nicht verloren haben — man kann dies z. B. schon aus dem alternierenden Fixieren des Lernmaterials entnehmen, das genau wie *vor* der Unterbrechung erfolgt —, daß sie aber schwanken, ob nun Schwarz oder Weiß, Groß oder Klein usw. die richtige Seite war. In solchen Fällen hat bisher regelmäßig das Ergebnis des ersten oder der beiden ersten Versuche die alte Leistung wieder gefestigt, die Bewegungen des Tieres beim Wählen sicher und den objektiven Ausfall optimal gemacht; es ist dann eben das »optische Lernen« nicht wieder von vorne anzufangen[2].

[1] Ich muß die Versuche mit dem »Umwegbrett« ausnehmen, bei denen der Lösung geradezu erstaunliche Hindernisse im Wege stehen, und ebenso auch ihrer Reproduktion.

[2] Etwas Ähnliches gibt es beim Menschen. Ein Bekannter von mir heißt entweder „Hirschberg« oder »Hirschfeld«; nach einem Monat ohne »Übung« weiß ich nie, welcher von beiden Namen *richtig* ist.

21. Manches von den Betrachtungen der Abschnitte 7 und 8, in welchen der Begriff der Strukturfunktion für Farbenpaare der tonfreien Reihe eingeführt wurde, läßt sich auf andere Fälle einigermaßen übertragen. Ich unterbreche hier die Untersuchung spezifischer Farbenstrukturen, um eine kurze Orientierung darüber zu geben, wie es die Schimpansen mit Paaren gesehener Größen halten. Die zwei objektiv selbständigen Größen eines solchen Paares gehen dem Menschen zunächst leicht in eine geschlossene Gesamtgestalt ein, diese kann aber auch in einer etwas veränderten, »gespannten« Art wahrgenommen werden, bei der relativ viel Gewicht auf den beiden »Komponenten« liegt und bei der wir von Wahrnehmung oder gar Beurteilung des »Größenverhältnisses« reden. Die beiden Linien der Figur sieht man z. B. ohne spezielle

---

Leitung des Interesses (etwa bei tachistoskopischer Exposition, passivem Verhalten und hinterdrein wirklich phänomenaler Beschreibung) wohl als Gesamtgestalt von einer Art »Trapezcharakter«[1]. Durch eine hier nicht näher zu beschreibende Modifikation des inneren Verhaltens, welche die beiden Linien als solche etwas mehr hervorhebt, aber auch sonstige Wirkungen im Gesichtsfeld hat, kommt man von diesem Sehen einer Gesamtgestalt zu der »Wahrnehmung des Größenverhältnisses« beider.

Gesehene Größen bilden eine Reihe, in der viele der Art nach einander entsprechende Paare (Größenzueinander) möglich sind, wie in der tonfreien Reihe. Jedoch gilt dies streng nur in dem Fall, daß die einzelnen Größen alle die gleiche Form haben; schon bei einem Paar ist ein klares und bestimmtes Größenzueinander an die Bedingung etwa gleicher Form

[1] Daß hierbei »Assimilationen« auf Grund der Erfahrung, etwa »Erinnerungsergänzungen« zweier Schräglinien ausschlaggebend wären, ist eine bisher durch nichts gesicherte Hypothese, wie etwas nähere Phänomenologie des Falles zeigt, wahrscheinlich sogar ein fundamentaler Irrtum.

gebunden, ja man muß noch weitergehen und sagen, daß darüber hinaus sogar entsprechende Lage »homologer Teile« (z. B. Parallelität von Graden) eine wesentliche Bedeutung hat. Selbst die beste »Wahrnehmung von Größenverhältnissen« kann hierin ihre Grundlage, nämlich die Wahrnehmung von Gesamtgestalten, nicht verleugnen.

Die Ausdrucksweise der vorstehenden Bemerkungen ist sehr der Verschärfung bedürftig; an dieser Stelle aber würden sich hieraus ablenkende Nebenerörterungen über das ganze Gestaltproblem ergeben, die ich lieber vermeiden will.

Wie bei den tonfreien Farben machen wir uns jedoch von den speziellen Fragen der phänomenologischen Psychologie und den anschließenden Diskussionen auch hier durch Einführung der Strukturfunktion unabhängig. Für Größen*paare* lassen sich charakteristische gemeinsame Eigenschaften der Wahrnehmung von Gestalten und Verhältnissen angeben, die in ihrer Übereinstimmung zu auffallend sind, um nicht auf *eine* Grundfunktion hinzuweisen, und wieder erscheint für Zwecke der biologischen Psychologie zunächst die undifferenzierte Fragestellung nach dieser Funktion als hinreichend. Sie muß, wie ich nicht wieder im einzelnen auszuführen brauche, ganz entsprechenden Bedingungen genügen wie die Strukturfunktion in der tonfreien Reihe. Ganz dieselbe Fragestellung wie dort ergibt sich denn auch für die »Wahldressur« von Tieren, dieselben Methoden und Kriterien entscheiden, ob das Lernen sich wesentlich auf absolute (der Substitutionszone wegen besser: *annähernd* absolute) Größen bezieht oder auf ihr Zueinander. Ich halte mich weiterhin wie bisher an die einfache Methode der unbeeinflußten kritischen Wahl.

Von den Schimpansen, die früher (1914) gelernt haben, von zwei Rechtecken gleicher Form (hölzernen Frontbrettern zweier Kasten) das große zu wählen, wurden jetzt Chica und Grande zur Prüfung herangezogen. Sie hatten in kritischen Versuchen über Sehgröße zuletzt zwischen den Brettern 9×12 und 12×16 cm² ohne Fehler gewählt, d. h. immer (auch ohne Rücksicht auf die Entfernung und Retinagröße) dieses letztere. Grande wurde vom 27. bis 29. 1. 1916 mit denselben Rechtecken (jetzt in gleicher Entfernung) neugeübt, machte während dieser Vorbereitung kaum einmal einen Flüchtigkeitsfehler und konnte danach mit den Rechtecken 12×16 und 15×20 cm² geprüft werden (Transposition nach der positiven Seite).

30. 1. Kritische Versuche (5) .... 4 mal wird das neue ganz große Rechteck, 1 mal das bisher positive gewählt.

31. 1. Kritische Versuche (5) .... Jedesmal wird im Sinn des Zueinander entschieden.

1. 2. Kritische Versuche (4) .... 1 absolute, 3 Strukturwahlen.

Im ganzen hat Grande in 14 kritischen Versuchen 2 mal absolut, 12 mal dagegen im Sinn der Struktur gewählt[1]. Auf die kritischen folgten der Kontrolle wegen nach kurzer Pause jedesmal Versuche mit dem Lernpaar, insgesamt 24, von denen einer falsch ausfiel.

Bei Chicas Prüfung, die ganz ähnlich vorbereitet und durchgeführt wurde, ergaben sich in 16 kritischen Versuchen 2 absolute Wahlen und 14 Entscheidungen für die entsprechende Strukturseite, also für das neue Rechteck. 30 Übungsversuche verliefen ohne Fehler.

Wer die Versuchszahlen der einzelnen Tiere zu klein findet — der Beobachter im Versuch hat schon nach den ersten 5 bis 6 Wahlen kein rechtes Bedürfnis nach weiterer Fortsetzung —, der wird das entscheidende Überwiegen des Struktureinflusses in der Gesamtzahl von 30 Fällen ohne weiteres anerkennen, von denen also 4 Wahlen absolut, 26 strukturgemäß erfolgt sind. — Nach diesem Ergebnis glaubte ich die Gegenprobe, Transposition nach der negativen Seite, unterlassen zu können; es ist wohl nicht zweifelhaft, wie sie ausfallen würde.

22. An diesem Punkte läßt sich eine Verbindung mit den vor kurzem beschriebenen Intelligenzprüfungen herstellen. Ich wies schon dort nachdrücklich auf die Tatsache hin, daß einsichtige Behandlung von anschaulich gegebenen Situationen das Erfassen ihres Aufbaues oder auch der sachlichen Bezüge ihrer Glieder voraussetze. Es bedarf keiner besonderen Beweisführung, daß die hier an Paaren von »Lernobjekten« untersuchten Strukturfunktionen nur Spezialfälle dessen darstellen, was in meist komplexeren Beispielen als »Struktur einer anschaulich gegebenen Situation« zu bezeichnen wäre. Insbesondere wird das Zueinander von Größen (neben Raumrichtungen usw.) bei einsichtiger Lösung solcher anschaulich vorliegenden Aufgaben ganz unmittelbar von Bedeutung werden, und es handelt

[1] Von den beiden hier als absolut bezeichneten Wahlen ist die eine wahrscheinlich auf eine Störung während des Versuchs zurückzuführen.

sich nur darum, einen geeigneten Fall herauszugreifen, so muß sich auch mit einer ähnlichen Methodik wie im Vorausgehenden nachweisen lassen, daß das Zueinander der Situationsglieder in der einsichtigen Handlungsweise des Schimpansen bestimmend wirkt. Ein Unterschied besteht dann nur in der Beziehung, daß im Lernversuch das Versuchstier sich nach der Struktur *oder* nach den absoluten Gegebenheiten richten könnte — sachlich wäre das eine so berechtigt wie das andere; beides bringt stets Erfolg: eine *innere* Verbindung zwischen »Situation« und Erfolg gibt es hier nicht —, während in der Intelligenzleistung der Sinn des Verfahrens schlechterdings *nur* strukturgemäßes Verhalten zuläßt.

Als Beispiel, das eine hinreichend scharfe Fragestellung erlaubt, wählen wir den »Doppelrohrversuch«[1]; die präzise Leistung, die in ihm verlangt wird, macht ihn hier, wie schon früher für die Prüfung des binokularen Raumsehens, besonders geeignet. Sultan bedient sich zweier ineinandergesteckter Rohre zum Heranziehen von Gegenständen, die er weder mit der Hand noch mit einem Rohr allein erreichen könnte. Das ist nur so lange möglich, als das eine beträchtlich geringeren Querschnitt hat als das andere. Ist diese Bedingung erfüllt, so habe ich das Tier nie zögern sehen, stets das starke Rohr in die linke Hand zu nehmen und so gut wie unbewegt mit der Mündung auf sich zu zu halten, während die rechte das dünnere Rohr etwas zurück (über die Schulter) nimmt, ungefähr in die Verlängerung des andern richtet und dann in dessen Öffnung steckt. *Eine* Leistung aus dem Gebiet optischer Gestalten ist dabei das Richten beider Rohre in eine Gerade; dies geschieht *vor* dem Zusammenstecken und ohne Probieren. (Daß das dünne Rohr *erst* auf die Öffnung des andern gepaßt und dann erst geradegerichtet würde, kommt nur in Fällen vor, wo das genaue Aufsetzen Schwierigkeiten macht, Sultan deshalb genau und sehr aus der Nähe hierauf sehen muß und dabei nicht zugleich genau auf die Richtung achten kann, die ja auch erst beim eigentlichen Einstecken von wesentlicher Bedeutung wird.) Diese Leistung bleibt hier beiseite. Eine zweite, ebenfalls räumliches Zueinander betreffend, ergibt sich als Folge davon, daß die beiden Rohre vollkommen verschiedene Funktion während des Vorganges haben, das dicke immer ruhig in der einen Hand liegt, mit dem dünnen immer die eigentlichen Bewegungen des Einsteckens gemacht werden, während es *niemals* vorkommt,

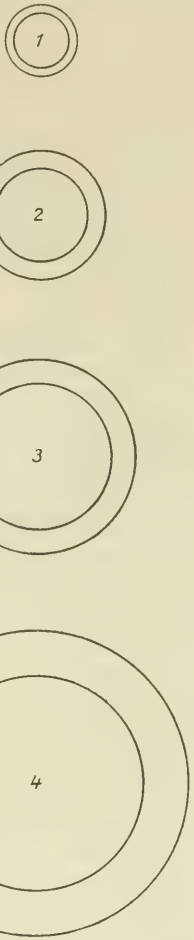
[1] Vgl. Intelligenzprüfungen usw. Kap. 4.

daß das dickere Rohr etwa über das dünne geschoben würde. Das eine ist also stets sozusagen das passive, das andere das aktive. Diese Unterscheidung, die mit vollkommener Strenge gilt, so daß eine Unklarheit des Beobachters hierüber nie auch nur angedeutet sein könnte, wird eben bei Sultan dadurch noch besonders betont, daß das aktive Rohr (das dünne) ohne Ausnahme in der rechten, das passive (das starke, dicke) in der linken Hand liegt, wie das natürlich ist bei einem Tier, welches präzise Bewegungen immer nur rechts vollzieht. (Vgl. zu alledem den Ausschnitt aus einem Kinematogramm, der in den »Intelligenzprüfungen« S. 101 erwähnt und auf Taf. II abgebildet ist.) Es handelt sich also um das Hineinstecken eines ganz bestimmten Rohres in das andere, nicht um ein Zusammenfügen beider, bei dem sie einander funktionell einigermaßen gleichwertig wären. Wenn das Tier seine Aufgabe stets auf diese Weise löst, so ist Bedingung wirklich einsichtigen Verhaltens dabei, daß die Funktion, die Sultan jedem der beiden Rohre zuweist, von ihrer Dicke abhängt, und zwar nicht von der absoluten Dicke eines jeden — das wäre hier schlechthin uneinsichtig —, sondern von dem Zueinander ihrer Querschnitte, Dicken oder wie man sagen will. Auch darf sich nicht durch ein bloßes Herumprobieren mit den Rohren ergeben, welche Funktion einem jeden zukommt, sondern wenn es sich um klare Einsicht in diesen Teil der Aufgabe handelt, muß das Tier ohne weiteres sehen, welches Rohr sich in das andere hineinstecken läßt, welches also die aktive Funktion zu erfüllen hat, welches die passive — immer in der Art und Weise, die oben beschrieben ist.

In dem Verfahren Sultans ist nichts enthalten, was aus den Versuchen über binokulares Raumsehen und also irgendwie von uns stammte. Wie es beschrieben wurde, lag sein Vorgehen dabei fest, als wir an jene Versuche herangingen; das Kinematogramm des Vorganges z. B., welches bereits genau der oben gegebenen Beschreibung entspricht, ist ein halbes Jahr älter als die Raumversuche. Wir zwangen ihn für unsere Untersuchungszwecke, während dieser Versuche etwas anders zu arbeiten, als er gewohnt war; da aber dies erzwungene Verhalten offenbar weit unbequemer war als das gewöhnliche, so kehrte er, dabei sich selbst überlassen, sofort zu seinem Brauch zurück, richtete also das dicke Rohr auf sich zu, nicht (wie im Raumversuch der Versuchsleiter) quer zur Körperfront (Optische Untersuchungen S. 5 f.).

Ich habe Sultan in dieser Situation nie probieren, sondern stets sofort richtig handeln sehen, wenn die beiden Rohre so verschieden an Dicke waren, daß auch der Mensch nicht probiert, sondern sofort optisch mit Sicherheit entschieden hätte. Da aber die bisher verwendeten Rohre immer aus gleichartigem Material, aus derselben Schilfart bestanden und zugleich

die Querschnitte je des starken und des dünnen Rohres nicht sehr variierten, so wäre es möglich, daß sich Sultan bei der »Verteilung der Funktion« auf beide Rohre nach dem ungefähren absoluten Größeneindruck eines jeden gerichtet hätte, nachdem er einmal wußte, daß »das dünne von etwa dem und dem Aussehen« einzustecken ist. Ich würde, falls diese Erklärung zuträfe, die Leistung (in dieser Hinsicht) nicht intelligent finden und benutze deshalb die Gelegenheit dieses recht hochwertigen Könnens eines Tieres, um streng zu zeigen, daß Sultan das Zueinander und seine funktionelle Bedeutung erfaßt. Ein solcher Nachweis aus schon beschriebenen Intelligenzprüfungen heraus erscheint um so angebrachter, als bei dem dürftigen Zustand unserer gegenwärtigen theoretischen Kenntnisse von einsichtigem Verhalten in der einfachen Versuchsbeschreibung kaum bemerkt wird, welche Funktionen eigentlich in dem Wesentlichen der Leistung enthalten sind: »Das Tier steckt ein Rohr in das andere« — in diesem Satz werden wenige zur Zeit ohne besonderen Hinweis die Behauptung eines Strukturerfassens sehen.



(20. 10. 1916.) Vier Rohre von mäßiger, unter sich etwa gleicher Länge werden aus Bambus und verholztem Schilf geschnitten. Sie bilden ihren Querschnitten (und den Öffnungen) nach eine Reihe, derart daß 1 in 2, 2 in 3, 3 in 4 gut hineinpaßt (vgl. die im natürlichen Maß gezeichnete Skizze der Querschnitte). Die Rohre haben kaum Verjüngung, beide Enden eines Rohres sind in beide Mündungen des nächstdickeren gleich leicht einzuführen; dadurch verläuft die Prüfung einfacher und klarer. Rohre

von den Dimensionen 1 und 2 hat Sultan bisher in der Regel benutzt. Gibt man dem Tier in willkürlicher Reihenfolge die verschiedenen Nachbarpaare, so verlangt der Sinn des Verfahrens im Doppelrohrversuch, wie es Sultan übt, daß Rohr 2, je nachdem ob es mit 3 oder mit 1 zusammengegeben ist, und ebenso 3, je nachdem ob es mit 2 oder mit 4 zusammen verwendet werden soll, in dem oben angegebenen Sinn seine Funktion wechselt. Bei Einsicht in das Zueinander der Größen und seine sachliche Bedeutung wird das Tier aus einem bloßen Hinblicken auf die Rohre sofort erkennen, welches jedesmal welche Funktion hat; andernfalls wird es durch Probieren herausfinden müssen, ob z. B. Rohr 3 in einem gegebenen Fall »aktiv« oder »passiv« zu verwenden ist. Die Rohre wurden stets »frontalparallel« und dicht nebeneinander vor Sultan niedergelegt, ihm zunächst ebensooft das stärkere Rohr wie das dünnere, um so den Einfluß etwaiger Angewohnheiten beim Aufnehmen jedenfalls zu eliminieren. Die drei Nachbarpaare wechselten in einer willkürlichen Reihenfolge miteinander ab, bis jedes viermal vorgekommen war. Nachdem das jeweils zu verwendende Paar vor dem Tier und eine Frucht weit draußen jenseits eines Gitters hingelegt war, blieb Sultan vollkommen sich selbst überlassen.

Das Ergebnis war, daß Sultan in der Mehrzahl der Fälle schon beim Aufnehmen der Rohre das jeweils dünnere mit der rechten, das stärkere mit der linken Hand ergriff und ohne jedes Probieren das dünnere in der angegebenen Weise in das stärkere einführte (8mal). Nahm er die Rohre im ersten Augenblick so auf, daß umgekehrt das stärkere in der rechten, das dünne in der linken Hand lag, so wechselte er immer ohne jedes Probieren, auf bloßes Hinsehen, Rohre und Hände gleich danach, und zwar immer, bevor er noch zu der eigentlichen Leistung überging (4mal). Nicht ein einziges Mal wurde das stärkere Rohr in der Funktion des aktiven, natürlich auch niemals das dünne in der Funktion des passiven benutzt oder eine solche Irrung auch nur einen Moment in den Bewegungen angedeutet. Das Tier verwendet also z. B. in einem Versuch Rohr 3 gegenüber 4 als »das dünne«, umgekehrt im sofort folgenden Versuch 3 gegenüber 2 ohne Zaudern gerade als »das dicke« Rohr. Der Funktionswechsel eines bestimmten Rohres von Versuch zu Versuch kann offenbar nur von dem jeweils vorliegenden Zueinander der Rohrdicken und, da das Tier in keinem Fall probiert, ebenso gewiß nur von dem unmittelbar erfaßten Zueinander abhängen; dieses allein bestimmt also jedesmal mit vollkommener

Sicherheit die Funktion jedes Rohres, wie das für einsichtige Lösung der Aufgabe sachlich erforderlich ist.

(22. 10. 1916.) Chica, welche die gleiche Leistung vor längerer Zeit von Sultan übernommen hat und sich dabei im wesentlichen (»aktives und passives Rohr«) genau verhält wie jener, könnte mehr oder weniger gut verstanden haben, worauf es ankommt. Sie wurde deshalb in 12 ganz ähnlichen Versuchen geprüft und verfuhr insofern auch jetzt wie Sultan, als sie in jedem Fall ohne Probieren, also rein aus dem Zueinander der Rohrstärken die Funktion eines jeden richtig bestimmte und deshalb auch von Versuch zu Versuch die Funktion eines und desselben nach seinem Verhältnis zu dem jeweils zweiten »wie selbstverständlich« wechseln ließ, ganz wie Sultan in dem angeführten Beispiel. Auch Chica verrichtet Präzisionsbewegungen rechts, doch nicht so absolut ohne Ausnahme wie Sultan. In einem der 12 Fälle hielt sie auch während des Einsteckens das dünne Rohr links, das (passive) dicke rechts, aber das Wesentliche, daß nämlich das dünne Rohr die aktive Funktion hat, wurde hiervon nicht berührt, und sie führte eben mit der linken Hand dies Rohr (von der Richtung der linken Schulter her) in das starke ein, welches die rechte Hand (und ein Fuß) dabei unbeweglich festhielten. Übrigens zeigt das Beispiel, daß die Schimpansen durchaus nicht »Innervationen repetieren«, sondern sehr wohl einmal die beteiligten Muskeln ganz anders arbeiten lassen können, während der sachliche Kern der Leistung erhalten bleibt[1].

Wennschon sich Chica gerade in der hier untersuchten Hinsicht durchaus verständig benimmt, so fällt doch während der Versuche wieder stark auf, daß sie im übrigen Sultan keineswegs gewachsen ist. Das Hineinstecken eines Rohres in das andere macht bei ihr einen fahrigen Eindruck und unterscheidet sich dadurch ungünstig von der klareren Art des Männchens, das in einer Beobachtungszeit von drei Jahren in dieser Hinsicht merklich gewonnen hat[2]. Die Bewegung des dünnen Rohres auf die Mündung des starken zu führt Chica viel zu hastig für eine solche Präzisionsaufgabe aus, sie »stochert« etwas ungeschickt auf die Öffnung los, hält nicht selten die Stöcke so schräg zueinander, daß dadurch das Einführen erschwert wird, und versucht oft, das Doppelrohr zu verwenden, wenn das dünne Rohr noch lange nicht weit genug in das dickere eingeschoben ist, dieses also sofort wieder abfallen muß. Solche Fehler wird man bei Sultan höchst selten einmal beobachten.

[1] Intelligenzprüfungen, 2. Kapitel, Abschnitt V. Ferner 7. Kapitel, gegen Ende.

[2] Zu einem Teil mag dieser Fortschritt damit zusammenhängen, daß Sultan sehr viel isoliert gehalten worden ist. Es scheint, daß Isolierung der Tiere im allgemeinen diese Wirkung hat.

Das Größenzueinander könnte hier streng genommen in Strukturfunktion des taktil-muskulären ebensowohl wie des optischen Raumes gegeben sein, da ja in manchen Fällen die Entscheidung sichtlich erst getroffen wird, nachdem je eine Hand ein Rohr ergriffen hat und umspannt hält. Das Verhalten der Tiere (sorgfältige Blicke hin und her zwischen den beiden Rohren) entscheidet jedoch für die optische Bestimmungsart, die nach dem sonstigen Verhalten des Schimpansen übrigens von vornherein die größere Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Sollte man diese genaue Nachprüfung an einem offenbar einsichtigen Verhalten für pedantisch halten, so muß ich darauf hinweisen, daß die Behandlung von Dingen gemäß ihren sachlich wichtigen Bezügen mit Recht als ein konstitutives Merkmal »der Intelligenz« hingestellt worden ist[1], daß aber bisher hieran der Satz geschlossen zu werden pflegte, nicht in einem einzigen Fall komme eine derartige Behandlung von Dingen bei Tieren vor. Der Nachweis, daß in einsichtig wirkendem Verhalten dieser Anthropoiden auch jene Bedingung wirklich erfüllt ist, muß deshalb recht scharf geführt werden, und man würde unrecht tun, hinterdrein als trivial auszugeben, was solange als unmöglich galt. Allerdings kann nach dieser Probe an einem besonders geeigneten Fall eine ähnliche Prüfung an allen früher beschriebenen Versuchen nicht mehr unsere Aufgabe sein: Zu deutlich und unmittelbar zeigt sich doch in dem Verhalten während jener Versuche, was an Strukturen der Schimpanse erfaßt und entsprechend behandelt, und anderseits, von welchen Grenzen (vor allem der Komplizierung) an die objektiven Strukturbedingungen keine adäquate Antwort mehr finden und offenbar nicht »verstanden« werden. Nach der einen bis ins einzelne durchgeführten Probe können wir uns in den übrigen Fällen auf die beschreibende Phänomenologie des schimpansischen Verhaltens verlassen.

III.

23. In den bisher untersuchten Beispielen konnte über die allgemeinen theoretischen Grundlagen der Fragestellung kein Zweifel herrschen: Daß tonfreie Farben und gleichgeformte Größen je Reihen eines einzigen kon-

[1] So durch E. Wasmann, der immer gern das Vorkommen einsichtigen Verfahrens bei Tieren anerkannt hätte, wenn nur erst dieses Kriterium erfüllt wäre. Das ist nunmehr der Fall, und Wasmann kann ohne Hemmung die Konsequenzen ziehen.

stanten Verlaufsprinzips bilden, bestreitet niemand[1], und so kann eine Art »spezifischer Vergleichung« (v. Kries) in diesen beiden Reihen an den verschiedensten Paaren doch immer in derselben Weise erfolgen, ebenso außer absoluter auch transponierende Strukturwahl an ihnen stattfinden. — Ob Reihen derselben Art im Gebiet der bunten Farben bestehen, ist zur Zeit noch strittig, so daß eine ganz analoge Fragestellung wie bisher nur vom Standpunkt bestimmter theoretischer Ansichten berechtigt erscheint, und anderseits experimentelle Ergebnisse, die mit einer solchen Fragestellung gewonnen werden, über den Aufbau des bunten Farbensystems ebenso wie über die Strukturfunktion bei den untersuchten Tierarten aufklären können.

In solchen Fällen ist es am besten, von einer ganz konkreten Annahme auszugehen und ihr gemäße Versuche womöglich über den Gegenstand der Frage und das Recht der Fragestellung zugleich entscheiden zu lassen. — Als erstes Beispiel wähle ich Farben, die zwischen Rot und Blau (normaler menschlicher Bezeichnungsweise) liegen, und setze in der Form einer Arbeitshypothese voraus, daß rotblaue Farbtöne gemäß ihrem qualitativen Abstand von der einen und der anderen Grenze eine Reihe von gleichmäßigem Verlaufsprinzip bilden, ganz ähnlich wie tonfreie Farben (Grau) zwischen Schwarz und Weiß. Diese Annahme entspricht den Theorien von E. Hering und G. E. Müller; für die Anschauungen von Helmholtz und Wundt[2] entbehrt sie eines bestimmten Sinnes. Die ganz analoge Behandlung einer solchen bunten und der tonfreien Reihe würden diese Theorien ablehnen, und daß solche Reihen das Verhalten von Tieren bestimmen könnten, würden sie schon deshalb für unmöglich halten, weil sie die »scheinbare Reihenbildung« aus spezifisch menschlichen Erfahrungseinflüssen abzuleiten pflegen.

24. Ich konnte die Untersuchung nicht mit spektralen Lichtern anstellen. Farbpapiere der im Handel befindlichen Serien, die aus Deutschland

[1] Ich sehe hier ab von der Angabe v. Kries', daß die Enden der tonfreien Reihe, also tiefstes Schwarz und reinstes Weiß, sich ein wenig absondern von dem Verlauf der Reihe zwischen schwärzlichen und weißlichen Graus (Nagels Handbuch III, 1 S. 142).

[2] Bei den vielen Bedenken, durch welche v. Kries seine Anerkennung der Heringschen Farbenlehre und gerade auch der hier interessierenden »Reihentheorie« eingeschränkt hat, ist man recht geneigt, ihn einfach unter die Gegner dieser Anschauung zu rechnen. Auch v. Kries wird die Heringsche Reihenbildung kaum für eine so elementare Farbeneigenschaft halten, daß Tiere sich nach ihr orientieren könnten. (Vgl. die Darstellung in Nagels Handbuch III, 1.)

kommen sollten, gingen unterwegs verloren, und es blieb nichts übrig, als selbst pigmentierte Oberflächen herzustellen. Nach einigem Probieren gelang es, mit hier käuflichen Farben (in Leimwasser angerührt) recht gut getönte Papiere zuzubereiten. Über die spektrale Zusammensetzung des von ihnen reflektierten Lichtes habe ich direkte Kenntnis nicht, doch vermochten wir, die Färbung bis zu hohen Graden der Sättigung zu bringen, zu höheren vielleicht, als sie gewöhnlich bei käuflichen Papieren vorkommen; danach vermute ich, daß die reflektierte Strahlung nicht allzu breit im Spektrum verstreut gewesen sein wird. Verschiedene Stufen der blauroten Reihe in fertigen Pigmenten herzustellen, erwies sich als zu schwierig; deshalb wurden zunächst nur zwei Papierarten, ein mitteldunkles sattes Blau und ein etwas helleres Rot, hergestellt und die Zwischenfarben durch Drehung Maxwell-scher Scheiben auf den Achsen zweier kleiner Motore gemischt. Ich setzte voraus, daß eine vollkommene Mischung auch für den Schimpansen eingetreten sein wird, wenn die Verschmelzungsfrequenz für den Menschen reichlich überschritten ist, und glaube nicht, daß diese Voraussetzung sehr kühn ist; daß die Tiere sich wirklich nach einer Mischfarbe richten, kann man übrigens direkt zeigen (vgl. u. S. 72).

Beim Kreiselmischungsverfahren liegt es zunächst nahe, die einzelnen Paare und damit die einzelnen Farben dadurch zu bestimmen, daß man, etwa von Blau ausgehend, um bestimmte gleiche Winkelbeträge von Rot (zunehmend) und Blau (abnehmend) fortschreitet; so wären die einzelnen Paare nach einem einfachen, rein arithmetischen Prinzip bestimmt. Ich fand jedoch dies Verfahren ganz undurchführbar, da die so entstehenden Paare keineswegs als strukturmäßig hinreichend äquivalent gelten konnten. So ergab zwar die Mischung von 270° Bl und 90° R ein Violett, das sich von 360° Bl stark abhob, auch war das nächste Paar (270° Bl + 90° R) und (180° Bl + 180° R) durchaus verschieden genug, aber das folgende auf gleiche Weise gebildete Paar enthielt so benachbarte Farbtöne, daß die Unterscheidung unter den Umständen des Versuches entschieden zu schwer war. — Inwieweit die individuellen Pigmente diese Erscheinung hervorriefen, ist mir nicht bekannt; eine schwache Gelbwirkung des roten Papieres (vgl. u.) könnte dabei im Spiele sein. Immerhin möchte ich eher glauben, daß es sich um eine in der Natur der Sache liegende Gesetzmäßigkeit handelt, und daß geeignete Versuche mit Mischungen von spektralem Rot und Blau dieselbe Ungleichheit »der gegenseitigen Merklichkeit«

ergeben werden[1]. — Man könnte hier einwenden, solche subjektiv-menschlichen Beobachtungen brauchen für die Schimpansen gar keine Geltung zu haben; aber dieser Einwand ist unberechtigt: Ohne jede Ausnahme habe ich die Erfahrung gemacht, daß der Schimpanse leicht und sicher wählt, wo der Mensch ein weites Farbenintervall sieht, und daß der Anthropoide unsicher wird, sobald das betreffende Intervall der menschlichen Unterscheidung zuerst etwas Mühe bereitet.

In den beiden Paaren zu Ende der Reihe fielen die ganz blaue und rote Farbe irgendwie auf, wie als nicht so selbstverständlich zur Reihe gehörig (im Vergleich mit den zwischenliegenden Mischfarben)[2]; beim Blau war dieser Eindruck so schwach, daß ich nicht glaubte Rücksicht auf ihn nehmen zu müssen; beim Rot schien mir eine Korrektur angebracht, da der Eindruck hier viel stärker und vielleicht durch eine kleine Gelbbeimischung verursacht war. Durch Zusatz von etwas Blau ergab sich eine Farbe, die gut in die Reihe paßte und dem reinsten Rot jedenfalls nahekam, wennschon sie mir nun merklich nach Blau verfärbt schien[3].

Eine ganz genaue Feststellung des »reinen Rot« für einen Beobachter läßt sich nur bei Vorführung des betreffenden Farbgebietes in kleinen Stufen erreichen; ein solches Verfahren ließen meine experimentellen Hilfsmittel nicht zu. Es leuchtet wohl ohne weitere Erörterung ein, daß eine so genaue Bestimmung etwa für meine Augen keine Bedeutung und keinen Vorteil im Schimpansenversuch haben würde. Für alles Folgende genügt es, daß die Normalsehenden, denen unsere »röteste« Farbe vorgelegt wurde, diese entweder für »rot« schlechthin oder (nach der Korrektur) für eben etwas bläulich erklärten.

Anstatt eines Fortschreitens (Zusetzens bzw. Ausschaltens) um immer gleiche Winkelbeträge der vorhandenen Farbpapiere mußte also ein weniger äußerliches Prinzip der Farbenauswahl befolgt werden, und so habe ich mich einfach darauf gerichtet, jedes der Paare noch einen leicht faßlichen

[1] Für andere Reihen findet man ganz ähnliche Asymmetrien bei der Mischung und wird dabei an das Webersche Gesetz erinnert, wennschon hier die Dinge viel komplexeren Charakter zu haben scheinen. Sollten diese Erscheinungen längst untersucht und erklärt sein, so bin ich für meine Unwissenheit zur Zeit doch nicht verantwortlich.

[2] Vgl. hierzu S. 63 Anm. 1.

[3] Wenn wirklich das Rot ein wenig nach Gelb abwich, so mußte die Folge sein, daß Mischungen dieser Farbe mit Blau einen kleinen Sättigungsverlust mit sich brachten. Mir ist es bisweilen so vorgekommen, als seien die Violettöne in der Tat etwas weniger gesättigt, bisweilen aber konnte ich nichts dergleichen sehen. Es ist bekannt, wie sehr die Beurteilung solcher feinster Farbeneigenschaften schwankt; für den Schimpansen mit seiner geringen Aufmerksamkeit spielt natürlich so etwas überhaupt keine Rolle.

Schritt für Menschen bilden zu lassen, die nach dem arithmetischen Prinzip gewählten Kreiselscheiben also so lange korrigiert, bis lauter brauchbare, wennschon nicht gerade als »gleich groß« wirkende Farbintervalle einer Reihe herauskamen. Dieses Vorgehen hat sich praktisch durchaus bewährt: auch der Schimpanse zeigte unter diesen Umständen ein klares Verhalten gegenüber den Farbpaaren. — Für die vorhandenen blauen und roten Pigmentfarben ergab sich so die Reihe von Mischungen:

A) 360° Bl
B) 270° Bl + 90° R
C) 200° Bl + 160° R
D) 100° Bl + 260° R
E) 30° Bl + 330° R.

Die einzelnen Farbintervalle wurden auch nach der Korrektur zum Rot hin allmählich etwas kleiner, also für ein Wählen »schwerer«; da aber alle Schritte nunmehr doch sehr merklich waren, ließ ich es bei den angegebenen Veränderungen bewenden; eine deutliche Richtung der Wahlen kann ja nicht durch Kleinheit der Intervalle oder Ungleichheit dieser hervorgerufen werden, Kleinheit und Ungleichheit können höchstens die bevorzugte Wahlrichtung in ihrem Übergewicht schädigen, nicht die Wahlrichtung umkehren[1]. — Die Helligkeit der einzelnen Farbtöne nahm vom Blau zum Rot bei jeder Stufe um einen noch gerade merklichen Betrag zu.

Geprüft wurden Chica und Tercera. Da beide schon früher nach der Beschaffenheit von Frontbrettern zu wählen gelernt hatten, ahmte ich in diesen Versuchen die Färbung von Kastenfronten nach, um so den Tieren das Lernen womöglich leichter zu machen. Die kleinen Kreisel wurden also auf einem Tischchen in zwei gleiche hölzerne Kasten gestellt, deren Fronten durch kreisförmig ausgeschnittene Fenster die rotierenden Scheiben bis nahe an den Rand sehen ließen, aber in diffusem Licht keine merklichen Schatten auf die möglichst an die Fenster herangerückten Scheiben warfen. So entstand ein Eindruck ungefähr von der Art, als seien die

[1] Der »ausgezeichnete Punkt« einer qualitativen Mannigfaltigkeit ist eine »Gestalteigenschaft« und wird bestimmt als die Stelle, wo im phänomenalen Fortschreiten ein Richtungswechsel erfolgt. Durch Betrachten einzelner Punkte für sich kann der Sache nach unmöglich genau festgestellt werden, wo so ein »Knick« liegt. Vgl. hierzu G. E. Müller, Zeitschr. f. Psychol. **10**, S. 59, wo das Prinzip bereits mit aller Klarheit ausgesprochen ist; ferner Köhler, Akust. Unters. II, Zeitschr. f. Psychol. **58**, S. 116f., 122.

Mischfarben in Kreisform in die Kastenfront eingesetzt. Der Durchmesser der sichtbaren Farbkreise betrug 10 cm, der Abstand der Kreismitten voneinander 18 cm. — Hinter den Kreiseln und für die Tiere vollkommen unsichtbar standen in den beiden Kasten kleinere Behälter zur Aufnahme von Früchten, die mit oder ohne Inhalt nach der Wahl herausgenommen und dem Tier überreicht wurden. Die Tiere wählten zum Teil, indem sie ihren Stab auf die großen Kasten legten, zum Teil indem sie mit ihm direkt auf die Mitte des farbigen Kreises zeigten[1]. Daß ihnen nicht der ganze Kasten mit der Frontfarbe, also der sichtbare Wahlgegenstand, sondern nur aus dessen Hintergrund ein kleiner Behälter überreicht wurde, machte für das Verfahren keinen irgendwie merklichen Unterschied aus.

Über die Art der Stromzuführung für die Motore, den Wechsel der Raumlage und die aus beiden Aufgaben zusammen zunächst entstehenden Schwierigkeiten brauche ich nicht zu berichten, da durch einfache technische Kunstgriffe — ohne jedes Interesse für das Wesentliche des Versuchsverfahrens — ein bequemes Experimentieren erreicht werden konnte. Im übrigen wurde wie in früheren Versuchen auf den Ausschluß von Fehlerquellen ganz besonders geachtet, also z. B. Zuordnung von Farbe und umgebender Kastenfront, ja auch von Farbe und Motor vertauscht sowie in Kontrollversuchen die Unabhängigkeit der Tiere vom Versuchsleiter nachgeprüft usw.

25. Chica. — Die Lernversuche begannen (29. 10. 1915) mit dem Paar *B* und *C*, und zwar sollte *C*, die stärker rote Farbe, gewählt werden. Obwohl aber für den Menschen die beiden Farben noch recht verschieden sind und außerdem (gemäß 20) alles getan wurde, um das Tier auf sie oder ihr Zueinander hinzuweisen, war doch selbst nach mehr als 250 Versuchen (14 Tagen) keine deutliche Lernwirkung zu bemerken, oder genauer: wenn für kurze Gruppen von Wahlen eine Wirkung wahrscheinlich war, ging sie doch schnell wieder verloren. Es ist denkbar, daß das Tier während dieser Gruppen, »ohne es zu wissen«, vom eigentlichen Lernmaterial abhängig wurde, aber bei etwas veränderter Aufmerksamkeitsrichtung u. dgl. »herauskam« und wieder ganz dem Zufall überlassen blieb. Zuletzt gewöhnte sich Chica, die nur noch mit Klagen und Jammern an die Versuche ging, ein Verhalten an, das eine Fortsetzung der »Dressur« auf gleiche Weise vollkommen nutzlos erscheinen ließ. Sie legte mit mutloser Bewegung fast jedesmal den Stock auf den von ihr aus links stehenden

[1] Nachdem jedes einmal mit dem Stock die rotierende Scheibe berührt hatte und besonders über die akustische Wirkung arg erschrocken war, hüteten sie sich in Zukunft sehr, mir die Farbenscheiben wieder zu zerstören.

Kasten, offenbar ohne überhaupt recht hinzusehen. Diese rein motorische Vorliebe für links blieb ihr dann insofern merklich eigen, als fortgesetzte Linkswahlen jedesmal sofort auftraten, wenn das Tier im Verlauf der Versuche einmal ratlos war[1].

Niemand, der das Tier bei anderen Lernversuchen kennen gelernt und jetzt so ratlos gesehen hätte, würde sich der Einsicht verschlossen haben, daß Chica nur nicht zu dauerndem klarem Erfassen des Lernmaterials kommen konnte (vgl. o. S. 21). Wenn also die (recht unwahrscheinliche) Hypothese hochgradiger Farbenschwäche nicht zutreffend war, so mußte das Farbenintervall zu klein sein. Infolgedessen wurde statt der Farbe *C* von nun an *D* als positive eingeführt, und in der Tat lernte Chica sich gegenüber dem Paar *B* und *D* fast sofort orientieren: In der ersten Reihe (von 15 Versuchen) kamen noch 4 Fehler, danach aber (gegenüber diesem Paar) überhaupt keine Versehen mehr vor. So bestätigt sich die Vermutung, daß auch schon am Paar *B* und *C* gelegentlich die adäquate Orientierung gelungen war, aber nicht festgehalten werden konnte; jetzt, wo das Lernmaterial so viel klarer wird, kann sich das passende optische Verhalten leicht bis zum Optimum ausbilden und festigen.

Nach einigen Übungsreihen galt es zu zeigen, daß die Lernwirkung sich auf den Farbton der Mischung und nicht auf ihre Helligkeit bezog. Da Chica die rötere, also eben etwas hellere Farbe wählte und $^3/_4$ Jahr vorher von zwei tonfreien Farben ebenfalls die hellere zu wählen gelernt hatte, so kam auf diese Kontrolle besonders viel an. Um sie auszuführen, ersetzten wir das bisher in Scheibe *B* verwendete Blau durch ein beträchtlich helleres (von sehr genau gleichem Farbton) und mischten so aus 270° Hellblau und 90° Rot ein Violett, das jetzt etwas heller war als die (rotierende) Scheibe *D*. Das Hellblau und damit auch die Mischung von Scheibe *B* fiel ein wenig ungesättigter aus, wie natürlich; doch hätte dieser Umstand, d. h. eine Annäherung von Mischung *B* an die farblosen Helligkeitseindrücke der früheren Versuche, das Tier höchstens noch mehr zu einer Wahl von *B* veranlassen können, wenn es sich wirklich nach

[1] Vgl. über das Sichdurchsetzen motorischer Tendenzen in Fällen von Unsicherheit die Beobachtung an Hühnern (o. S. 27). Solche motorische Tendenzen sind nicht zu verwechseln mit »Voraussetzungen über die Raumlage« (Optische Unters. S. 26f.). Die »Raumhypothese« hat sich den Schimpansen in vielen Lernversuchen so schlecht bewährt, daß sie ganz davon abgekommen sind.

Helligkeiten und nicht nach Farbtönen richtete[1]; entschied sich Chica also für *D* wie sonst, so war um so besser gezeigt, daß es ihr auf die bunten Farben (oder ihr Zueinander) ankam. In der Tat machte sie in 10 derartigen Wahlen, also bei umgekehrtem Helligkeitsverhältnis, keinen Fehler, sondern entschied sich wie bisher für die (nunmehr dunklere) Farbe *D*, und zwar ohne jedes Anzeichen von Unsicherheit. Nichts anderes war im Grunde von einem farbentüchtigen Tiere zu erwarten: Sah Chica bunte Farben im gleichen Maße auffällig wie ein Mensch, so mußte sie trotz des früheren Lernens an tonfreien Paaren eher von den bunten Farbtönen als von den Helligkeiten abhängig werden, die ja nur sehr wenig und nicht entfernt so verschieden waren wie die bunten Farbigkeiten. Durch den Ausfall der Kontrolle ist natürlich implizite die prinzipielle[2] Farbentüchtigkeit des Schimpansen erwiesen.

Die Farben *B* und *D* bilden ein recht großes Intervall. Für kritische Versuche über den Einfluß einer etwaigen Strukturfunktion blieben nur die Paare *A* und *B* sowie *D* und *E* übrig, die sehr viel engere Intervalle darstellen. Um also das Versuchstier nicht im kritischen Versuch vor ungewohnte Schwierigkeiten zu bringen, die mit der Versuchsfrage gar nichts zu tun haben, mußte ich es gewöhnen, auch zwischen enger benachbarten »Lernfarben« zu wählen. Es zeigte sich jedoch, daß Chica, nachdem sie einmal am Paare *B* und *D* den Versuchsgegenstand klar herausgefunden hatte, bei der Rückkehr zu *B* und *C* nichts zu lernen oder zu üben brauchte und auch hier gleich vollkommen richtig (also Farbe *C*) wählte, obwohl sie zu Anfang mit dem gleichen Paar so große Schwierigkeiten gehabt hatte[3]. Noch einmal wurde auch an diesem Paar gezeigt, daß die Wahl sich nicht auf Helligkeiten sondern auf Farbtöne bezieht: Nach 5 Übungsversuchen einer Reihe wurde eine Pause von wenigen Minuten eingeschoben und dann die Reihe fortgesetzt mit Hellblau auf Scheibe *B* (wie oben); in fünf solchen Prüfungsversuchen, also bei recht schnellem Übergang zu umgekehrtem Helligkeitsverhältnis, wählte Chica wieder mit der größten Ruhe richtig wie zuvor, d. h. Farbe *C*. Die Lernwirkung hat nichts mit den geringen Helligkeitsunterschieden der Scheiben zu tun.

[1] Die Sättigungsverminderung war übrigens so unbedeutend, daß vermutlich Chica garnichts davon bemerkt hat.

[2] D. h. die der Tierart; Anomalien des Farbensystems dürften bei Anthropoiden wie bei Menschen vorkommen, man muß also im Einzelfall vorsichtig sein.

[3] Vgl. die Anmerkung S. 71.

Kritische Prüfungen wurden am Paar *A* und *B*, dem reinen Blau und dem am stärksten blauen Violett der bisherigen Versuche, zuerst vorgenommen; Chica hatte hierbei also zwischen einer »neutralen« und einer »negativen« Farbe zu wählen.

22. II. 15.	*A* u. *B* (kritische Vers.)	Chica wählt in 5 Versuchen jedesmal ruhig und sicher *B*.
	Pause von 2 Minuten.	
	B und *C* (Lernvers.) . .	Die erste Wahl fällt falsch aus, d. h. Chica wählt die gleiche Farbe (*B*) wie soeben in der kritischen Gruppe, die übrigen 4 sind richtig.
23. II.	*A* und *B* (kritisch) . . .	Von 10 Wahlen entfällt die zweite auf *A*, alle übrigen auf *B*.
	Pause von 5 Minuten.	
	B und *C* (Lernvers.) . .	Alle 6 Fälle richtig. Im ersten Versuch fährt Chica zunächst schnell auf *B* los, lenkt aber mit der gleichen Bewegung auch schon auf *C* über. Sie ist deutlich »unterwegs« anderer Meinung geworden.
24. II.	*A* und *B* (kritisch) . . .	In jedem von 5 Fällen wird *B* gewählt.
	Pause von 7 Minuten.	
	B und *C* (Lernvers.) . .	Alle 5 Fälle richtig. Bei der ersten Wahl geschieht das gleiche wie tags zuvor im ersten Kontrollversuch.
25. II.	*B* und *C* (Lernvers.) . .	Alle 10 Wahlen fallen richtig auf C.

In 20 kritischen Versuchen ist also 19mal die negative Farbe (*B*) des Lernpaares, nur 1mal die »neutrale« Farbe (*A*) gewählt worden. Ein solches Ergebnis kann auf die Wirksamkeit einer Strukturfunktion zurückgehen, und man wird es zum guten Teil so erklären wollen, wenn strenger beweisende Versuche den entsprechenden Ausfall haben; aber wegen der allgemeinen Bekanntheit von *B* und der Fremdartigkeit von *A* kann vorläufig noch nicht mit Sicherheit behauptet werden, daß Chica eine bestimmte Seite in einem spezifischen Zueinander, etwa die »rote Seite im jeweiligen blauroten Farbenpaar«, wählt.

Von den 16 (bzw. 26) umgebenden Versuchen am Paar *B* und *C* zeigen die 3 zuerst auf kritische Gruppen folgenden sehr deutlich die

kurzlebige Nachwirkung der absoluten Farben, von welcher schon bei den Hühnerversuchen an tonfreien Farben die Rede war. Das erstemal, nach der kurzen Pause von 2 Minuten, ist es wirklich zum »Fehler« gekommen, d. h. Chica wählt, absolut genommen, im gleichen Sinn wie in der vorausgehenden kritischen Prüfung; nach den etwas längeren Pausen korrigiert sich eine anfängliche Tendenz gleicher Richtung augenblicklich von selbst.

Nach Abschluß dieses ersten Teiles der Prüfung war es nicht angebracht, zu schnell zu dem zweiten Teil, den kritischen Versuchen am roten Ende der Reihe, überzugehen. Für diese sollten die Farben *D* und *E* das Prüfungspaar bilden; es war also zunächst zu sichern, daß Chica ebenso wie in *BD* das *D* (Anfang des erfolgreichen Lernens) und in *BC* das *C* (weitere Lernversuche) auch in *CD* das *D* wählte. Diese Vorbedingung erfüllte sie von vornherein in Übungen an ebendiesem Paar fast ideal; in der ersten Übungsreihe kamen zwei Fehler vor (sichtlich durch Unaufmerksamkeit veranlaßt), die bei 65 vorbereitenden Wahlen im ganzen die einzigen Versehen gegenüber *CD* blieben[1]. Danach war es möglich zu prüfen, wie sich Chica gegenüber dem Paar *DE* entscheiden würde, dessen rotblaue Farbe *D* sie nur als »positive« kannte (aus dem Lernen zu Anfang und der vorbereitenden Übung an *CD*), während ihr das nahezu reine Rot *E* bisher überhaupt unbekannt geblieben war.

6. 12.	*D* und *E* (kritisch)	In 10 Versuchen wird jedesmal *E* gewählt; bei der zweiten dieser Wahlen macht Chica den Eindruck, als fiele ihr etwas an den Farben auf.
7. 12.	*D* und *E* (kritisch)	Alle 5 Wahlen entfallen auf *E*.
	Pause von 9 Minuten.	
	C und *D* (Lernvers.) ...	In 5 Versuchen wird jedesmal richtig *D* gewählt.
8. 12.	*D* und *E* (kritisch)	Alle 6 Wahlen entfallen auf E.
	Pause von 7 Minuten.	
	C und *D* (Lernvers.) ...	In 5 Versuchen entscheidet sich Chica jedesmal richtig für *D*.

[1] Das Tier hat sein eigentliches Können am Paar *BD* erworben, wo es *D* wählte. Farbe *C* liegt wenigstens ungefähr in der Mitte zwischen *B* und *D*. Daß nun ohne besondere Übung in dem Intervall *BC* die Farbe *C*, in *CD* aber die Farbe *D* gewählt wird, spricht im Grunde schon sehr für Wirksamkeit einer Strukturfunktion, wenn man auch diese Tatsache allenfalls noch anders (durch absolute Wirkungen) erklären könnte.

In 21 kritischen Versuchen hat Chica ohne Ausnahme die ihr unbekannte Farbe *E* der »positiven« Farbe *D* der Übungswahlen vorgezogen, während zugleich die eingeschobenen Proben mit dem Paar *CD* auf *D* entfallen. Faßt man dieses Ergebnis mit dem der kritischen Prüfungen am Paar *A B* zusammen, so wird jede indirekte Erklärung durch allgemeine Bekanntheit oder durch Fremdwirken der einzelnen Farben unmöglich — man müßte sonst im einen Fall die entgegengesetzte Hilfshypothese machen wie im andern (vgl. oben S. 11), — und es folgt, daß Chica im untersuchten Farbengebiet transponiert oder, was dasselbe ist, Strukturwahlen vollzieht. Wieder hierin ist der Satz eingeschlossen: Die untersuchten Farben bilden eine Reihe von gleichem Verlaufsprinzip, analog wie die tonfreien Farben, und Paare dieser Reihe können in spezifischer Struktur (mit der charakteristischen Eigenschaft der Transponierbarkeit) gesehen werden, ebenso wie tonfreie Paare.

Ganz zum Schluß, nachdem Chica alle derartigen Prüfungen durchgemacht hatte, wurde noch gezeigt, daß sie sich wirklich nach Mischfarben entschied, wie wir Menschen sie bei der schnellen Scheibendrehung sehen. In einer Reihe von 10 Versuchen, ebenfalls an den Scheiben *D* und *E*, blieb der Motorstrom unterbrochen, und Chica hatte zwischen den ruhenden Scheiben zu wählen, deren Sektoren dabei fest aneinandergeklebt waren und eine Ebene bildeten. Wie erwartet werden konnte, war das Tier, welches diesem Paar gegenüber (bei Drehung der Scheiben) noch nie einen Fehler gemacht hatte, jetzt vollkommen unsicher, fuhr infolgedessen rein motorisch in 9 der 10 Fälle nach der linken Seite (vgl. oben S. 67), ohne Rücksicht auf die Natur der Scheiben, und machte so 4 der 10 Versuche »falsch«, sofern man diesen Ausdruck hier gebrauchen kann. Ihr Benehmen dabei drückte so deutlich Ratlosigkeit aus, daß ich von einer Fortsetzung dieser vielleicht etwas überflüssigen Kontrolle absah.

26. Tercera. — Das zweite Versuchstier, das die gleiche Aufgabe zu lösen hatte, war ebensowenig wie Chica imstande, dies am Paare *BC* zu tun. Selbst der Übergang zu dem weiten Intervall *BD* brachte hier keineswegs (wie bei Chica) sofortige Besserung, und mehr als 150 Versuche waren noch nach der Erleichterung erforderlich, bis Tercera (auf Grund von 40 fehlerfreien Wahlen nacheinander) als sicher gelten konnte. Jetzt ergab eine Prüfung (10 Versuche) mit der hellvioletten Scheibe *B* (vgl. o. S. 68), daß Tercera bei der Wahl von *D* blieb, sich also ebenfalls nach dem Farbton, nicht nach der Helligkeit richtete, und zur Vorbereitung der kritischen Wahlen war nur noch die Gewöhnung an engere Intervalle erforderlich. Diese erreichte ich — denn wiederum hier leistete Tercera durchaus nicht das gleiche wie Chica — durch eine Anzahl von Übungen erst mit *BC*, dann

mit *CD* und endlich wieder mit *BC*, während deren mehrmals kalte Regentage und einmal eine Koprophagieperiode des Versuchstieres[1] arge Störungen bildeten. Der erste Teil der kritischen Prüfungen wurde begonnen, als Tercera in den letzten 36 Versuchen mit *BC* immerhin noch 4mal falsch gewählt hatte. Da es sich offenbar um Fälle von Unachtsamkeit handelte, und der Charakter des Tieres natürlich nicht zu ändern war, so hätte eine Fortsetzung der Übungen auch nicht weitergeführt, und es galt nur, die kritischen Versuche zu Zeiten vorzunehmen, wo Tercera etwas weniger apathisch und etwas aufmerksamer war[2].

14. 12. 1915.

A und *B* (kritisch) . . . . . in 8 Versuchen wird 6mal *B*, 2mal *A* gewählt.

Pause von 5 Minuten.

B und *C* (Lernversuche) . . von 10 Wahlen fallen 2 falsch aus.

An den unmittelbar folgenden kalten Regentagen erwies sich das Tier als ganz unbrauchbar, war kaum zu Versuchen überhaupt zu bewegen, machte in einigen von uns erzwungenen Wahlen mehrere Fehler und blieb endlich heulend in einer Ecke seines Raumes hocken, was immer man sich um Fortsetzung der Untersuchung bemühen mochte. An kritische Prüfungen war unter diesen Umständen nicht zu denken. — Ich muß dergleichen Zwischenfälle, wenn sie vorkommen, wohl oder übel berichten, damit nicht der irrige Eindruck entsteht, ein Schimpanse lasse solche ausgedehnten Reihen von Versuchen geduldig über sich ergehen. Wer in Zukunft ähnliche Experimente mit den Tieren macht, muß auf das reichliche Maß von Mühe und Ärger vorbereitet sein, welches damit scheinbar notwendig verbunden ist. Ich füge deshalb noch hinzu, daß selbst bei einem Schimpansen, dessen Lernen abgeschlossen ist, der Schrei eines andern Schimpansen draußen, das Wiehern eines Pferdes, ein plötzlicher Windstoß usw. vollauf genügen, um die unmittelbar folgende Wahl einer Versuchsreihe zu einem Zufallsprodukt zu machen, wie man sofort erkennt, wenn man beachtet, wohin das Tier unmittelbar vor, unmittelbar nach und bisweilen sogar während der Wahl seine Aufmerksamkeit und Fixation richtet. Außer dem Experiment selbst hat also der Versuchsleiter noch einiges sonst zu besorgen, vor allem die Auswahl des einzelnen Versuchsmomentes derart, daß gerade keine Störung zu erwarten ist. Wir werden daran denken müssen, die Anlage der Station so zu vervollständigen, daß einige der stärksten Ablenkungsanlässe fortfallen. —

Als das Wetter sich besserte, klärte sich auch Terceras Laune wieder auf, und als sie in 36 Übungsversuchen mit *BC* nur noch 2 Fehler machte, konnten die kritischen Prüfungen zu Ende geführt werden.

---

[1] Tercera wird von der widerlichen Gewohnheit zeitweise vollkommen beherrscht: sie nimmt dann wenig zu sich außer Kot, sitzt mit verglasten Augen und abstoßendem Gesichtsausdruck in einem Winkel und ist zu nichts brauchbar.

[2] Auch im Paare *BC* wurde, wie bei Chica, noch einmal das Helligkeitsverhältnis umgekehrt. In 5 solchen Kontrollversuchen, genau so angestellt wie die entsprechenden Chicas, wählte Tercera richtig die rötere Farbe *C*.

23. 12. 15. vorm. *A* und *B* (kritisch) . . . . . In 8 Versuchen wird jedesmal *B* gewählt.

Pause von 7 Minuten.

B und *C* (Lernversuche) . . Alle 5 Wahlen fallen richtig aus,

nachm. *A* und B (kritisch) . . . . . Alle 8 Wahlen fallen auf *B*.

Pause von 6 Minuten.

B und *C* (Lernversuche) . . Die 5 Wahlen verlaufen ohne Fehler.

Da es geglückt ist, die kritischen Versuche an Tagen vorzunehmen, wo die kontrollierenden Übungsversuche eine hinreichende Lernwirkung und vor allem Aufmerksamkeit erkennen lassen, so dürfen die kritischen Prüfungen als vollgültig angesehen werden. Danach hat Tercera in 24 Wahlen gegenüber dem Paar *AB* 22mal die negative Farbe der Lernversuche (*B*), nur 2mal die »neutrale«, neue Farbe (*A*) gewählt, während zugleich in 20 Kontrollprüfungen 2 Fehler vorgekommen sind. Das Ergebnis ist dem der ersten Versuchshälfte von Chica ganz ähnlich; wiederum aber sind diese Prüfungen (Transposition nach der negativen Seite) allein nicht streng entscheidend für die Wirksamkeit einer Strukturfunktion.

Beim Übergang zur zweiten Versuchshälfte zeigte sich, daß Tercera nunmehr ihre schlimmen Tage hinter sich hatte; bis zum Abschluß der Untersuchung kam nicht die geringste Störung mehr vor, wenn schon der Versuchsausfall den Erwartungen widersprach. — Wie bei Chica geschah der Übergang zu kritischen Prüfungen an *DE* nicht ganz unvermittelt; Tercera hatte zunächst noch einmal zu zeigen, daß sie im Paare *CD* wirklich *D* wählte. In der besseren Stimmung leistete sie dies jedoch ohne weiteres; in vier Reihen von im ganzen 38 Wahlen kam kein Fehler vor, immer wurde mit aller Sicherheit *D* gewählt, und es erschien deshalb klüger, sofort zu kritischen Versuchen überzugehen, als weiterzuüben und dabei womöglich in eine neue Periode schlechter Laune des Tieres hineinzukommen.

26. 12. 15. *D* und *E* (kritisch) . . . . . In 5 Wahlen entscheidet sich Tercera jedesmal sorgfältig für *D*, also die positive Farbe der vorausgehenden Lernversuche.

Pause von 8 Minuten.

C und *D* (Lernversuche) . . . Alle 5 Versuche fallen richtig aus (Wahlen von *D*).

27. 12. 15.	*D* und *E* (kritisch)	Von 8 Wahlen entfallen 5 auf *D* (absolute Wahl), 3 auf *E*. Tercera erscheint diesmal unsicher.
	Pause von 6 Minuten.	
	C und *D* (Lernversuche) . . .	Die 5 Wahlen verlaufen ohne Fehler.
28. 12. 15.	*D* und *E* (kritisch)	Alle 5 Wahlen fallen auf *D*, sind also absolut.
	Pause von 6 Minuten.	
	C und *D* (Lernversuche) . . .	5 richtige Wahlen.
29. 12. 15.	*D* und *E* (kritisch)	Von 6 Wahlen, die dem Tier sichtlich schwer fallen, kommen auf *D* wie auf *E* je 3.
	Pause von 7 Minuten.	
	C und *D* (Lernversuche) . . .	5 richtige Wahlen von *D*.

Das Ergebnis dieser Versuchshälfte muß als in sich vollkommen zuverlässig gelten. Weder unter den 38 Übungswahlen vorher noch unter den 20 zur Kontrolle eingeschobenen findet sich ein einziger Fehler. Dabei ist die Richtung des Versuchsausfalles hier eine ganz andere als bei Chica; denn in 24 kritischen Prüfungen hat sich Tercera 18mal für *D*, also die positive Farbe der Lernversuche, nur 6mal für *E* entschieden. In der zweiten und vierten Gruppe dieser Prüfungen macht zwar das Verhalten des Tieres stark den Eindruck von Schwanken und Unsicherheit, in der ersten und dritten Gruppe hat sie ohne jeden Zweifel gesetzmäßig und sicher die positive Lernfarbe *D* gewählt. Das Beispiel zeigt uns, wie wenig selbstverständlich es ist, daß die Versuche sonst eine so starke Strukturwirkung an Tieren aufweisen.

Die Prüfungen der ersten Versuchshälfte werden durch den Ausfall der zweiten in erhöhtem Maße mehrdeutig. Da die streng kritischen Wahlen in der Mehrzahl der Fälle gegen Strukturwirksamkeit, für die Wirkung absoluter oder auch allgemeiner Bekanntheitsfaktoren sprechen, so können sie keinen Anhalt für die Deutung geben, daß der Ausfall der ersten Versuchshälfte wesentlich von einer Struktur und nicht vielmehr von der »allgemeinen Bekanntheit« der bevorzugten (wenn schon im Lernpaar negativen) Farbe verursacht ist.

27. Handelte es sich hier nur darum, ob die untersuchten Tiere absolute oder Strukturwahlen vollziehen, so wäre die Prüfung Terceras

abgeschlossen. Da aber die Versuche außer der Frage selbst auch das Recht der Fragestellung gegenüber bunten Farben zum Gegenstand haben, so können wir es bei diesem Ergebnis nicht einfach bewenden lassen; um so weniger, als Chica, mit genau demselben Material untersucht, über die Wirksamkeit einer transponierbaren Struktur in ihrem Wählen gar keinen Zweifel gelassen hat. Man muß sich gegenwärtig halten, daß Terceras Wahlen zweierlei bedeuten können: 1. Entweder entscheidet sich das Tier (in der Mehrzahl der Fälle) absolut, weil die Wahlobjekte ihrer Natur nach zu einem transponierenden Wählen keinen Anlaß geben, nicht »in einer Reihe liegen«; oder aber 2. das Übergewicht absoluter Wahlen hat sich aus Motiven ergeben, die nicht in den Wahlobjekten liegen, und Tercera bevorzugt im kritischen Versuch die positive Farbe der Lernversuche, obwohl der Natur des Farbensystems nach auch Wahlen im Sinn einer Strukturfunktion möglich wären. Die Dinge liegen ja nicht so, daß die Tiere irgend gezwungen wären, strukturgemäß zu entscheiden, überall wo es eine Struktur gibt; mit dem, was sie ursprünglich gelernt haben, ist für weiterhin (im kritischen Versuch) absolute Wahl sachlich ebenso verträglich wie Transponieren. Im ersten Fall würden wir zu der Annahme geführt, daß Terceras Farbensystem von dem Chicas im untersuchten Gebiet prinzipiell verschieden sei; das wäre möglich, kann aber nicht als sehr wahrscheinlich gelten[1]. Im zweiten Fall hätten wir ein Resultat erhalten, das zwar über das Tier und die in ihm während der Versuche bestehenden Bedingungen Aufschluß gäbe, nicht aber über die betreffende Zone des Farbensystems. Nun wird man sich auch mit der Annahme nicht gern zufrieden geben, Tercera sei von Natur aus ein so ganz anders veranlagtes Tier, daß sie ohne jeden äußeren Einfluß gerade im entgegengesetzten Sinn gewählt habe wie Chica (und, wie wir sehen werden, noch zwei andere Schimpansen). Da sich ferner schon bei der Untersuchung von Hühnern zeigte, daß Variationen im äußeren Versuchsplan das Ergebnis solcher Prüfungen stark modifizieren können, so liegt die Vermutung nahe, daß es sich hier um einen ähnlichen Einfluß handle. In der Tat wurden Chica und Tercera in einer Hinsicht recht verschieden behandelt. Chica verhielt sich, nachdem sie einmal zu wählen gelernt hatte, während der Versuche dauernd gleichmäßig; da ihre Zuverlässigkeit nicht schwankte,

[1] Man könnte bei den hier untersuchten Farben auch an Unterschiede der Maculapigmentierung denken, doch müßten diese schon recht beträchtlich sein.

so ließ ich sie, nachdem die Transpositionsversuche nach der negativen Seite abgeschlossen waren, nicht weniger denn 10 Tage warten oder vielmehr Übungsversuche am schon recht roten Paar *C D* machen, bis die kritischen Wahlen an den noch röteren Farben *D* und *E* begannen; sie transponierte dann vollkommen. Ganz anders Tercera, die lange Zeit hindurch immer wieder schlechte Tage hatte und deshalb, nachdem die erste Hälfte kritischer Versuche — mit stark blauen Farben — glücklich abgelaufen war, so schnell wie möglich die zweite Hälfte mit stark roten Farben erledigen sollte, ehe eine neue Störung dazwischen käme. Deshalb schob ich nur zwei Tage (mit Übungen am Paare *C D*) zwischen jene und diese kritischen Prüfungen ein, und während Chica sich in 65 Versuchen und während 10 Tagen an »soviel Röte« gewöhnen konnte, machte Tercera nur 38 solche Vorversuche in der kurzen Zeit. Es kommt hinzu, daß sie in ihrer schlimmen Periode immer mit stark blauen Farben (*B C* und *A B*) zu tun hatte und, da jene Zeit sich lange hinzog, ganze drei Wochen nur mit ihnen geübt wurde. So ergibt sich die Vermutung, daß die neue (nach menschlicher Bezeichnung fast rein rote) Farbe der zweiten kritischen Versuchshälfte bei einem so abrupten Übergang vom »blauen Ende« der Reihe und nach so ausgedehnter Übung mit immer stark blauen Farben einen Fremdartigkeitseindruck machte, den sie bei Chica unter den wesentlich anderen Umständen so nicht erzeugen konnte, und daß Tercera im Paare *D E* diesetwegen die dem allgemeinen Eindruck nach vertrautere bläulichrote Farbe vorzog.

Auch hier neige ich zu der Auffassung, daß die sogenannten absoluten Wahlen, selbst wenn sie im Übergewicht sind, nicht ohne weiteres im strengen Sinn ihres Namens aufgefaßt werden dürfen. Es kommt mir vielmehr so vor, als ob allgemeine und ungefähre Bekanntheit und Fremdheit viel wichtigere Momente wären, die unter Umständen (Transpositionsversuche nach der positiven Seite) gegen Strukturwahlen wirken. Danach bestände neben dem (im allgemeinen beherrschenden) Struktureinfluß nicht sehr viel von einem strenger lokalisierten Lerneffekt für jede der beiden Lernfarben für sich, wohl aber für die ganze Zone durchweg, in der die Lernfarben liegen, eine ganze breite, in sich wenig differenzierte Bekanntheitswirkung. Ich bin nicht einmal sicher, ob Tercera in den Fällen »absoluter Wahl« die Farbe *D* als solche überhaupt wiedererkennt, und möchte eher glauben, daß sie in jenen Fällen eine Farbe vor sich hat, die ihr der ganzen Art nach vertraut ist (breite Zonenwirkung), eine andere, die nach dem langen Verweilen im blauen Reihenende und dem plötzlichen Übergang ganz befremdlich aussieht, also lieber nicht gewählt wird.

Trifft diese Deutung des Versuchsausfalls zu, so ist wegen der Frage: Läßt das untersuchte Farbengebiet überhaupt Strukturwahlen

und Transponieren zu? eine weitere Prüfung Terceras vorzunehmen und dabei im Versuchsverfahren alles zu vermeiden, was an sachfremden Einflüssen das Transponieren behindern könnte. Das Tier muß in kritischen Versuchen freilich so unbeeinflußt bleiben wie sonst, aber bei der »objektiv« — auf die Natur des Farbensystems — gerichteten Fragestellung soll die Vorgeschichte der Prüfung so beschaffen sein, daß ein Strukturfaktor, wenn er der Möglichkeit nach besteht, sich auch wirklich durchsetzen kann. Gäbe es einen solchen Faktor gar nicht, so könnte natürlich keine Art des Prüfungsverfahrens, die nicht einfach Fehler enthält, Ergebnisse im Sinn einer Strukturwirkung zutage fördern.

Um eine solche Nachprüfung möglich zu machen, entließ ich Tercera Ende Dezember 1915, als die mitgeteilten Versuche abgeschlossen waren, und gab ihr über 13 Monate Zeit, von den speziellen Einflüssen des ersten Prüfungsverfahrens frei zu werden. In diesen Ferien hat sie weder mit blauroten noch mit anderen Farben zu tun gehabt und überhaupt nur an einem einzigen Tage eine (ganz andersartige) Wahlprüfung durchgemacht. Als die Versuche von neuem begannen (11. 2. 1917), zeigte sich Tercera äußerst ruhig und brauchbar. Ich ließ sie zwischen den Farben *B* und *D* wählen, und sie machte in den 10 ersten Versuchen nur einen Fehler. Dies Ergebnis stimmt durchaus zu allen ähnlichen Gedächtnisproben, die ich mit den Tieren angestellt habe, und es ist gar nicht zweifelhaft, daß das gleiche Tier, wenn es gesund bleibt und außerdem seine »Lernwirkung« nicht durch andere Farbversuche inzwischen gestört wird, nach drei oder fünf oder noch mehr Jahren eine sehr starke »Ersparnis« beim Wiederlernen zeigen würde (vollends, nachdem nunmehr eine Übung vorgenommen ist). Ich schließe dies aus der nicht strittigen Tatsache, daß, ein Lernprodukt nach einem Jahr diejenige Zeit schon überstanden hat in der es schnell seine Sicherheit verliert; ist nach dieser Spanne soviel von ihm übriggeblieben, dann kann man ihm getrost noch ein langes Leben voraussagen.

Daraus aber, daß der Gedächtnisbesitz nach dieser langen Zeit noch so wohlerhalten ist, läßt sich wohl eine Folgerung auf seine innere Natur ziehen. Es scheint mir geradezu unmöglich, daß Tercera nach 13 Monaten ohne die geringste Übung in der Zwischenzeit ein hinreichend scharfes absolutes Gedächtnis für Farbenindividuen bewahrt habe, die einander so relativ nahestehen wie die beiden violetten Farben *B* und *D*, daß also

D als die (ungefähr) bestimmte positive, *B* als die negative von früher wiedererkannt werde. Weil ich selbst wohl kaum imstande wäre, derartiges zu leisten, halte ich dafür, daß schon diese Persistenz des Gedächtnisbesitzes ihn als eine Strukturwirkung charakterisiert; denn nach 13 Monaten wieder wie früher »die rote Seite eines blauroten Paares« zu wählen, nachdem das früher einmal gelernt ist, das stellt doch eher eine Leistung dar, die wir Schimpansen zutrauen dürfen. (Vgl. hier wiederum die Bemerkung über tierpsychologische Sparsamkeit oben S. 40.)

Da Tercera nach der blauen (negativen) Seite schon früher transponiert hat und aus der Nachwirkung dieser ersten kritischen Versuchshälfte vermutlich die Einflüsse stammten, die sie dann am Transponieren nach der positiven Seite behinderten, so unterblieben jetzt, wo die sachliche Möglichkeit dieses letzteren Transponierens zu prüfen war, alle Versuche am blauen Ende des blauroten Mischungsgebietes, und die weiteren Übungen wurden sogleich an Paar *C D* als Vorbereitungen des entscheidenden Wählens angestellt. Auch in dem engeren Intervall machte Tercera nicht viele Fehler; in 52 Versuchen überhaupt waren es 7, in den letzten 40 noch 4, die wohl auf momentaner Ablenkung beruhten. Danach hielt ich sie um so mehr für prüfungsreif, als im allgemeinen ihr Verhalten während der Wahlen den Eindruck großer Vorsicht und Sorgfalt machte.

14. 2. 1917 nachm.

C und *D* (Lernvers.) . . . . . In 8 Versuchen wird jedesmal richtig *D* gewählt.

Pause von 16 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . Von 6 Wahlen entfällt die vierte (nach langem Schwanken des Tieres) auf *D*, die 5 übrigen auf *E*.

15. 2. 1917 vorm.

C und *D* (Lernvers.) . . . . . 3 Versuche verlaufen ohne Fehler.

Pause von 16 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . 2mal wird *D*, 4mal *E* gewählt.

Pause von 15 Minuten.

C und *D* (Lernvers.) . . . . . Alle 6 Wahlen entfallen richtig auf *D*.

Pause von 23 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . 2 Wahlen von *D*, 4 von *E*.

Pause von 16 Minuten.

C und *D* (Lernvers.) . . . . . Von 8 Versuchen ist einer (der 5.) ein Fehler; Tercera ist dabei durch Schreien der anderen Tiere im Nebenraum abgelenkt.

Pause von 34 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . Von 6 Wahlen entfällt eine auf *D*, die übrigen 5 auf *E*.

Die Prüfung wurde nicht nur mit den gleichen Farben wie früher, sondern auch nach den gleichen Regeln und mit denselben Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt; es ist deshalb genau so gut wie damals ausgeschlossen, daß Tercera nach indirekten Kriterien wählte; außerdem habe ich in keinem Versuch einen Schimpansen aufmerksamer die Farbenscheiben betrachten sehen als Tercera hier, bevor sie den Stock hob und auf einen der Kasten legte. Da ferner in 30 kontrollierenden Übungsversuchen nur ein einziger Fehler vorgekommen ist, der noch dazu durch eine Störung hervorgerufen wurde, so müssen die Ergebnisse als zuverlässig gelten. — Von 24 kritischen Wahlen sind zufällig gerade wieder 18 im einen, 6 im anderen Sinne ausgefallen, aber jetzt entspricht der Transposition die große und der absoluten Tendenz die kleine Zahl. Auch für Tercera (wie für Chica) gibt es also im untersuchten Farbengebiet eine transponierbare Struktur, und die Annahme, das frühere Ergebnis sei auf spezielle Umstände des Versuchsverlaufes, nicht auf die Natur dieser Farbenzone zurückzuführen, hat sich in der Nachprüfung gut bestätigt.

28. Für eine weitere Prüfung in gleicher Richtung wurden dieselbe Methode und Versuchstechnik, aber andere Farben gewählt. Wie zwischen Rot und Blau erscheinen dem Menschen z. B. auch die Farben zwischen Rot und Gelb als eine Reihe von gleichbleibendem Verlaufsprinzip. Mit dieser Reihe, die also alle Orangetöne umfaßt, wurden Grande und Sultan geprüft. Brauchbare Intervalle zwischen den einzelnen Farben ergaben sich, als folgende Gruppe von Scheiben hergestellt war:

A) 360° Gelb,
B) 225° Gelb + 135° Rot,
C) 135° Gelb + 225° Rot,
D) 70° Gelb + 290° Rot,
E) 25° Gelb + 335° Rot.

Auch in diesem Fall war an ein Fortschreiten nach konstanten Winkelbeträgen gar nicht zu denken; die Mischfarben, die nach diesem Prinzip

gebildet wurden, standen in ganz ungleichen, z. T. sehr großen, z. T. viel zu kleinen Intervallen, auch hier übrigens keineswegs nur der Helligkeit, sondern ebensogut dem Farbton nach. Da das verfügbare Rotpapier an sich schon etwas gelblich erschien, war Farbe *E*, die noch 25 Grad eines sehr gesättigten Gelb enthielt, naturgemäß deutlich orangefarben, für uns recht merklich vom »reinen Rot« verschieden; für die Prüfungen ist es natürlich einerlei, ob für *E* reines Rot oder eine Farbe deutlich innerhalb der Reihe genommen wird. — Das gelbe Papier war an und für sich merklich heller als das rote, die benachbarten Mischfarben, die in engen Paaren zusammengehörten, ließen dagegen den Helligkeitsunterschied nicht auffällig hervortreten.

Nach den Erfahrungen mit Chica und Tercera versuchte ich gar nicht erst, Grande und Sultan an einem der kleinen Intervalle lernen zu lassen, sondern begann von vornherein mit *BD*, und zwar hatten die Tiere das stark rote Orange *D* zu wählen.

Grande. — In diesem weiten Intervall wählte Grande nach 130 Versuchen im ganzen mit vollkommener Sicherheit. Zu Anfang freilich benahm sie sich etwas einfältig und legte ihren Stab oft viele Male hintereinander immer auf die gleiche Raumseite (vgl. hierzu S. 68 Anm.). Bekam sie dann einen leeren Kasten zugereicht, so wurde sie böse und stach mit ihrem Stock nach dem Versuchsleiter. In der zweiten Versuchsreihe und nach 37 ganz vergeblichen Versuchen im ganzen gab ich mir große Mühe, ähnlich wie früher bei Sultan durch eindringlichen Hinweis, durch Zusammenzeigen von Farben und (leerem und gefülltem) Kasten eine unmittelbarere und etwas geistvollere Belehrung vorzunehmen. Der Erfolg war zunächst sehr günstig: während Grande vorher noch nie mehr als 2 Wahlen hintereinander richtig gemacht hatte, folgten jetzt gleich 7 Treffer aufeinander, und in den 27 nächsten Versuchen kamen nur mehr 6 Fehler vor. Dann aber fiel das Tier in die alte Unsicherheit (wohl unzweifelhaft »optische Nicht-Orientiertheit«) zurück, und erst nach der angegebenen Gesamtversuchszahl erfolgten fast ganz plötzlich (ohne nochmalige Hilfe des Versuchsleiters) nur noch richtige Wahlen, schon äußerlich sehr auffällig gekennzeichnet durch aufmerksames Fixieren der beiden Frontfarben vor der Wahl und Hinweisen mitten auf die Farbscheiben.

Wieder ging ich nicht von Übungen mit dem weiten Intervall *B D* unmittelbar zu kritischen Versuchen über, sondern prüfte und übte Grande

zunächst mit dem engeren Intervall *C D*, das sie — von einigen Flüchtigkeitsfehlern abgesehen — übrigens sofort beherrschte.

Eine Nachprüfung darüber, ob nicht etwa nach Helligkeiten gewählt wurde, erschien in diesem Falle fast überflüssig. Die Farben *C* und *D* wiesen einen so geringen Helligkeitsunterschied auf, daß man schon aufachten mußte, um seine Richtung sicher festzustellen. Ferner hat ja Grande früher zwischen Helligkeiten zu wählen gelernt, und man kann jederzeit nachweisen, daß dieses Lernprodukt noch besteht[1]; während es sich jetzt aber darum handelt, die rote, also (für sehr genaue Beobachtung) die dunklere Farbe, zu wählen, ist in jenem Lernprodukt gerade die helle Farbe die richtige; die beiden entgegengesetzten Richtungen der Helligkeitswahl müßten also zugleich bestehen. — Trotzdem wurde auf ganz ähnliche Weise wie oben an Chica und Tercera eine Prüfung an Grande vorgenommen. Die Scheibe *C* ersetzte ich durch eine etwas dunklere, die Scheibe *D* durch eine etwas hellere; der Farbenton änderte sich dabei nicht irgend wesentlich, die Sättigung nahm beiderseits ein wenig ab, das Verhältnis der Helligkeiten war gerade eben mit Sicherheit umgekehrt. Wie zu erwarten, wählte Grande in 10 Prüfungen nach wie vor die stark rote Scheibe *D*. Auch dieser Anthropoide ist also farbentüchtig, und wahrscheinlich fallen ihm die bunten Farbentöne der Scheiben ebenso wie dem Menschen stärker auf als deren (sehr wenig voneinander verschiedene) Helligkeiten, da ja von selbst eine Wahlart entstanden ist, die sich nun von der Richtung des Helligkeitsunterschiedes unabhängig zeigt.

Nach 72 Übungsversuchen mit dem Paar *C D*, in denen Grande insgesamt 7 Fehler gemacht hatte, schien sie mir für kritische Versuche genügend vorgebildet und wurde mit dem Paar *D E*, der bisher positiven und einer neuen, noch stärker roten Farbe geprüft.

27. 5. 1916.

C und *D* (Lernvers.) . . . . . 12 richtige Wahlen.

Pause von 5 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . Von 5 Versuchen fällt einer (der 3.) absolut aus (Wahl von *D*), in den übrigen 4 wird *E* gewählt.

[1] Vgl. die oben S. 34 zitierte Notiz, die ich wohl als veröffentlicht voraussetzen kann. Grande wurde mit tonfreien Farben erneut geprüft Ende September 1916, also vier Monate nach den hier zu beschreibenden Versuchen: sie wählte dabei von vornherein und ohne Ausnahme die hellere Farbe.

28. 5. vorm.

C und *D* (Lernvers.) . . . . . 6 richtige Wahlen.

Pause von 5 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . Von 16 Wahlen entfallen 6 auf die (alte) Farbe *D*, 10 auf *E*.

28. 5. nachm.

C und *D* (Lernvers.) . . . . . 6 richtige Wahlen.

Pause von 12 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . 3mal wird *D*, 6mal *E* gewählt.

29. 5.

D und *E* (kritisch) . . . . . In 6 Prüfungen entfällt die Wahl 2mal auf *D*, 4mal auf *E*.

Die 24 Kontrollversuche haben sämtlich richtige Wahlen von *D* ergeben. Trotzdem hat sich Grande in 36 kritischen Versuchen der ersten Art (positive Seite) nur 12 mal für diese Farbe, 24 mal gegen sie und für die neue Farbe entschieden, die dem Menschen im kritischen Paar als »die rote Seite« erscheint. Der Wert des Ergebnisses, das nicht ganz so einseitig gerichtet ist wie in den Rot-Blau-Versuchen Chicas, wird dadurch wesentlich gehoben, daß in drei der Versuchsgruppen die kritische Prüfung nach kurzer Pause auf die Lernversuche folgte, also absolute Wahlen durch das Prüfungsverfahren eigentlich recht nahe gelegt wurden; ferner dadurch, daß jede einzelne der (im ganzen vier) Versuchsgruppen bereits ein Übergewicht der strukturgemäßen Wahlen aufweist.

Ich habe oben ausgeführt, weshalb bei Hühnern die Transpositionsversuche gerade nach der positiven Seite einwandfrei sind: Hühner schrecken vor dem Ungewohnt-Neuen im Versuch zurück; sie sollten deshalb bei Verlagerung des Farbenpaares nach der positiven Seite erst recht bei der bisher positiven Farbe bleiben, wenn eben ihre Wahlen im wesentlichen absoluten Charakters wären. Nun ist der Schimpanse wirklich vom Huhn so sehr und in dem Sinne verschieden, daß man sagen könnte: Vielleicht gilt das Gesagte für ihn gar nicht; vielleicht ist er wirklich mehr neugierig als konservativ unter den Umständen des Versuchs und wählt, wenn das Farbenpaar nach der positiven Seite verlagert wird, nur aus Interesse am Ungewohnten, nicht des Farbenzueinanders wegen, die unbekannte Farbe. Grande hätte sich danach durch die neue Farbe drei Tage lang und in vier Versuchsgruppen immer wieder ungebührlich fesseln und so zu 24 »Fehlern«

in 36 Wahlen verleiten lassen. Ich kann eine Diskussion dieser Ansicht vermeiden, da mit Grande hinterdrein auch die kritischen Versuche nach der negativen Seite ausgeführt wurden, welche ja, mit den Transpositionsversuchen nach der positiven Seite hin zusammengenommen, eine Entscheidung für oder gegen die Theorie absoluten Wählens geben müssen (vgl. hierüber oben S. 11).

Zunächst wurde Grande mit dem Paar *BC* geübt, erwies sich aber einer solchen Schulung nicht bedürftig, da von den ersten 54 Versuchen an *BC* nur 2 im ganzen falsch ausfielen[1]. Nachdem so gesichert war, daß Grande in *BC* die (für den Menschen) gelbe Paarseite *B* höchstens aus Unachtsamkeit einmal wählen würde, konnte sie kritische Versuche an *AB* machen, einem Paar, das der Mensch als gutes Gelb (*A*) und stark gelbes Orange (*B*) sieht.

31. 5. 1917.

A und *B* (kritisch) ..... 6 Wahlen fallen sämtlich zugunsten von *B* aus.

Pause von 3 Minuten.

B und *C* (Lernversuche) ..... 10 richtige Wahlen von *C*.

1. 6. 1917 vorm.

A und *B* (kritisch) ..... In allen 6 Fällen wird *B* gewählt.

Pause von 4 Minuten.

B und *C* (Lernversuche) ..... 8 Versuche, alles richtige Wahlen von *C*.

Nachm.

A und *B* (kritisch) ..... In allen 10 Fällen wird *B* gewählt.

Pause von 3 Minuten.

B und *C* (Lernversuche) ..... 6 Wahlen ohne Fehler.

Wieder ist unter den 24 Kontrollversuchen kein Fehler vorgekommen; immer hat Grande im Paar *BC* die Farbe *C* gewählt. Zugleich aber sind im Paar *AB* alle 22 Wahlen auf *B* gefallen, auf die Farbe also, die in *BC* gerade niemals gewählt wurde. Dächten wir also gegenüber den zuerst mitgeteilten Prüfungen an den Einwand oder die Erklärung, Grande

[1] Wiederum: Diese Tatsache entscheidet nicht formal streng für die überwiegende Wirkung einer Struktur, da *B* schon zu Anfang »negative Farbe« gewesen ist (Paar *BD*). Wer aber kann verkennen, daß die Möglichkeit, ohne weiteres so radikale Zonenwechsel mit dem Tier vorzunehmen, an sich schon stark für die Strukturwirksamkeit spricht und mit den eigentlich kritischen Prüfungen zusammen jedenfalls nur in diesem Sinn aufzufassen ist?

werde von der neuen Farbe als solcher angezogen, nur diese »Fehlerquelle« verhindere einen Versuchsausfall im Sinne absoluter Wahl, so kämen wir jetzt gewissermaßen vom Regen in die Traufe. Denn während dort das Verhältnis der Wahlen 24 : 12 zugunsten der Struktur war, ist es hier gar 22 : 0 im gleichen Sinn, obwohl die angebliche Fehlerquelle (Reiz der Neuheit) in diesem Fall gerade gegen strukturgemäße Wahlen wirken müßte. Es bleibt also auch hier dabei: Mindestens eine der beiden Versuchshälften beweist zahlenmäßig des Übergewicht einer Strukturwirkung, weil man ja nicht für die eine Prüfung die entgegengesetzte Hilfsannahme machen kann wie für die andere. In Wirklichkeit spricht freilich auch in Grandes Verhalten während der Versuche alles dafür, daß sie konservativ verfährt, von allem übrigen abgesehen, überhaupt bekannte Farben also unbekannten bis zu einem gewissen Grade vorzieht, hierdurch ein wenig behindert wird beim Transponieren nach der positiven Seite, umgekehrt aber in der zweiten Versuchshälfte (Verlagerung nach der negativen Seite) um so leichter strukturmäßig wählt. Schon das Zahlenergebnis in beiden Fällen drängt ja zu der gleichen Annahme.

29. Sultan. Gegenüber den Farben *B* und *D* ging Sultan nach etwa 50 Versuchen, in denen ebensoviel Fehler wie richtige Fälle vorkamen, plötzlich zu fast fehlerfreien Wahlen über. Danach ließ er sich jedoch durchaus nicht herbei, ebenso schnell oder noch schneller (wie man erwarten sollte) zu vollkommener Zuverlässigkeit der Entscheidungen fortzuschreiten. Erst nach etwa 200 Versuchen im ganzen, von denen die letzten 50 noch 3 Fehler enthielten, konnten Übungen mit dem engeren Intervall *CD* beginnen.

Aus mehreren (z. T. noch nicht veröffentlichten) Lernversuchen mit Sultan ergeben sich folgende Konsequenzen: 1. Von einem allmählichen und stetigen Assoziationsprozeß gegenüber dem Lernmaterial kann bei diesem Tier nicht wohl die Rede sein, wofern nur die Aufgabe genügend deutlich ist (in optischer Hinsicht). 2. Bald nach den entscheidenden Versuchen, in denen das Tier die »Orientierung« gewinnt, können weitere Übungen im allgemeinen nur dazu dienen, Sultan zu hinreichend gleichmäßig angespannter Aufmerksamkeit zu veranlassen, ein Ziel, das aber leider durch lange Fortsetzung der Versuche nicht immer gefördert, manchmal sogar deutlich in die Ferne gerückt wird: die immer gleichartigen und sinnlosen Wahlen sind langweilig. 3. Daher ist dies klügste Tier durchaus nicht die zuverlässigste Versuchsperson in Untersuchungen wie der gegenwärtigen und wird in dieser Hinsicht von der vergleichsweise recht beschränkten Grande sicherlich übertroffen. Die lange Dauer des obenerwähnten Lernvorganges — Grande ist viel schneller für die nächste Etappe reif — beruht allein auf Faulheit und Unaufmerksamkeit. 4. Je mehr verschiedene Wahlen

Sultan gegenüber Paaren von »Frontbezeichnungen« vorzunehmen lernt, desto schneller scheint er bei neuem, nicht zu schwierigem Lernmaterial »herauszufinden«, worauf es ankommt. Ähnliches dürfte von den andern Tieren auch gelten.

In den ersten 40 Versuchen mit dem Intervall *C D* kamen nur 4 Fehler vor; es zeigt sich also wieder, daß es das Wählen des Schimpansen nicht wesentlich stört, wenn man in einem genügend sicher beherrschten Paar als negative Farbe plötzlich eine nur etwa halb so weit »entfernte« einführt[1].

Die Kontrollversuche darüber, ob Sultan nicht etwa anstatt nach bunten Farbtönen nach Helligkeit wählte — von vornherein wäre hiergegen das Gleiche zu sagen wie bei Grande —, ergaben genau wie im vorigen Abschnitt 10 Wahlen, in denen trotz Umkehrung des Helligkeitsverhältnisses der Farben die Entscheidung nach wie vor jedesmal auf die rote Farbe *D* fiel.

In der ersten Hälfte kritischer Prüfungen hatte das Tier sich gegenüber dem Paar *D E*, dem bisher positiven Orange und der bisher unbekannten, dem reinen Rot nahen Farbe zu entscheiden.

28. 5. 1916 vorm.

C und *D* (Lernversuche) . . . . . 12 Wahlen, sämtlich richtig (*D*).

Pause von 12 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . Alle 5 Wahlen fallen auf *E*.

Nachm.

C und *D* (Lernversuche) . . . . . 8 Wahlen, alle richtig.

Pause von 13 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . Alle 5 Wahlen fallen auf *E*.

29. 5. 1916.

C und *D* (Lernversuche) . . . . . 6 richtige Wahlen.

Pause von 15 Minuten.

D und *E* (kritisch) . . . . . Von 10 Wahlen entfallen 2 auf (die positive Dressurfarbe) *D*, 8 auf *E*.

Die 26 Kontrollversuche, die fehlerfrei verlaufen sind, erweisen hinreichend festes Verhalten (Aufmerksamkeit) gegenüber dem Paar *C D*. Zugleich sind von 20 kritischen Prüfungen nur 2 im absoluten, 18 im Sinn einer transponierbaren Struktur ausgefallen. In *C D* wählt Sultan immer *D*, in *D E* wählt er in 9 von 10 Fällen die Farbe *D* gerade nicht, sondern die im neuen Paar (nach Hering und G. E. Müller) analog liegende Farbe *E*. Die Art, wie das Tier so ein Farbenpaar sieht, wird hierdurch

[1] Vgl. die Anm. S. 84, auch vorher S. 71 Anm.

ebenso ckarakterisiert wie der Aufbau des untersuchten Farbengebietes an und für sich.

Dieselben Gründe wie bei Grande veranlaßten dazu, auch mit Sultan noch die Ergänzungsversuche, also bei Transposition des Paares nach der negativen Seite, anzustellen. — Er wurde zunächst mit dem Paar *BC* geübt, hatte aber inzwischen sein allgemeines Verhalten aus unbekannten Gründen so gebessert, daß er (trotzdem *C* noch nie positive Farbe gewesen war) in 50 solcher Wahlen überhaupt keinen Fehler machte, sondern stets *C* wählte. Damit war er für die Prüfung am Paar *AB*, also einer bisher negativen und einer unbekannten Farbe, genügend vorbereitet. Jene sieht der Mensch als ein schwach rotes Orange, diese als ein ungefähr reines Gelb.

1. 6. vorm.

A und *B* (kritisch) . . . . . Von 6 Wahlen fällt die erste auf *A*, die übrigen auf das bisher negative *B*.

Pause von 4 Minuten.

B und *C* (Lernvers.) . . . . . Alle 10 Versuche fallen richtig aus (*C*).

Nachm.

A und *B* (kritisch) . . . . . In allen 6 Wahlen entscheidet sich Sultan für *B*.

Pause von 4 Minuten.

B und *C* (Lernvers.) . . . . . 3 richtige Wahlen.

2. 6. vorm.

A und *B* (kritisch) . . . . . In 8 Versuchen wird jedesmal *B* gewählt.

Pause von 3 Minuten.

B und *C* (Lernvers.) . . . . . Alle 5 Wahlen fallen richtig aus.

Unter 23 Übungsversuchen ist kein Fehler vorgekommen, im Paar *BC* wählt Sultan immer *C*. Von 20 kritischen Wahlen entfallen dagegen 19 auf die bisher negative Farbe *B* und nur eine auf *A*.

Die eine Wahl von *A* ist obendrein durch eine Störung bedingt: Im Herankommen wird Sultan auf einen Käfer am Boden aufmerksam, stößt einen Schrei aus, tut aufgeregt und kommt dann »ganz abwesend« mit seinem Stock an den Versuchsplatz. Das Ergebnis ist die »Wahl« von *A*. Natürlich erhält er, wie die Tiere alle und immer im kritischen Versuch, sofort den Behälter mit Inhalt; aber, wie man sieht, beeinflußt diese »strukturfalsche« Wahl zu Anfang die folgenden Versuche, wo er aufmerksamer ist, nicht im mindesten.

Bei Sultan möchte ich nicht ganz so sicher wie bei Grande behaupten, daß er stets »mehr konservativ als für Neues interessiert« ist. Es ist also

bei diesem Tier nicht ohne weiteres ein Transpositionsversuch (der nach der positiven Seite) dem andern vorzuziehen und als der streng beweisende anzusehen. Indessen macht diese Frage uns keine Beschwerden, da ja beide Versuchsarten fast quantitativ das gleiche Resultat ergeben haben, deshalb also mindestens eines von ihnen beweist, daß Sultan in Struktur wählt: einerseits den »Reiz der Neuheit«, anderseits die »Tendenz zum überhaupt Bekannten« je nach Bedarf zur Erklärung heranzuziehen, das geht natürlich nicht an. Entweder also enthalten die Farben zwischen *C* und *E* die Möglichkeit einer transponierbaren Strukturfunktion — erste Versuchsart; oder die Farben zwischen *A* und *C* geben zu einer solchen Anlaß — zweite Versuchsart; oder endlich die sämtlichen Farben ungefähr von *A* bis *E* bilden zusammen eine durchlaufende Reihe von gleichbleibendem Verlaufsprinzip, in der eine Strukturart transponiert werden kann. Diese drei Annahmen allein sind mit den Versuchsergebnissen an Sultan und Grande verträglich; schon auf Grund dieser Feststellungen aber kann es kaum fraglich sein, daß die dritte, allgemeinste Folgerung die richtige ist.

30. Die Arbeitshypothese, die zum Ausgangspunkt genommen wurde, und die den Theorien von E. Hering und G. E. Müller entstammt, hat sich in den Versuchen der letzten Abschnitte vollkommen bewährt; sie allein gibt eine hinreichende Erklärung des an vier Schimpansen beobachteten Verhaltens. Zwischen Rot und Gelb verläuft ihr zufolge eine Qualitätenreihe, in welcher transponierbare Paare mit je einer »roten« und einer »gelben Seite« möglich sind, so wie transponierbare Paare mit »schwarzer« und »weißer Seite« in der tonfreien Reihe. Ganz Entsprechendes gilt von den Farben zwischen Rot und Blau und von Paaren in diesem Farbengebiet. Nach der Heringschen Anschauung ist also, wenn die untersuchte Tierart überhaupt beim Wählen (z. B. zwischen tonfreien Farben) strukturgemäß verfährt, in diesen bunten Reihen gerade das Ergebnis zu erwarten, welches die Prüfungen wirklich gehabt haben. Es kann daraufhin wohl nicht bezweifelt werden, daß analoge Versuche in den beiden anderen Reihen, der gelbgrünen und der grünblauen, dasselbe Ergebnis haben würden, daß ferner, hätten die gleichen Tiere in umgekehrter Richtung (also die blaue bzw. die gelbe Seite ihres Lernpaares) zu wählen gelernt, Strukturwahl und Transposition ebenfalls in entgegengesetzter Richtung erfolgt wären.

Einen Einwand, der hier vermutlich erhoben wird, will ich kurz besprechen.

Die Farben sind durch Mischung von Pigmentfarben in schneller Drehung hergestellt worden, z. B. durch Mischung einer roten und einer gelben Farbe in verschiedenen Verhältnissen. Das Prinzip dieses Herstellungsverfahrens macht in einem gewissen Sinn das dargebotene Wahlmaterial zu einer objektiven Reihe von durchlaufendem Prinzip; man braucht sich nicht zu wundern oder darf keine Schlüsse über den Aufbau des Farbengebietes daraus ziehen, wenn man in dem Verhalten der Tiere eine Reihenbildung wiederfindet, die man selbst künstlich schon im Versuchsmaterial vorgebildet hat. Es ist eine ganz andere Frage, wie die Anthropoiden wählen würden, wenn jede der Wahlfarben durch eine selbständige homogene Strahlung des Spektrums dargestellt wäre. Denken wir uns z. B., Sultan hätte gelernt, von den beiden Lichtern 590 $\mu\mu$ (Gelb) und 625 $\mu\mu$ (gelbes Orange) dieses zu wählen, so folgt aus den Versuchen an Kreiselscheiben noch gar nicht, daß das Tier im Paare 625 $\mu\mu$ (gelbes Orange) und 671 $\mu\mu$ (schwach gelbes Rot) diese letztere Farbe bevorzugen würde, auch dann nicht, wenn die Intensität und sonstige Darbietungsweise jeder Strahlung so gewählt wäre, daß der Mensch auf Grund der »scheinbaren Reihenbildung« behaupten möchte, ein Verlaufsprinzip verbinde die drei Farben.

Man könnte in der Tat den Nachweis in mancher Hinsicht viel eleganter ausführen, bei Verwendung von spektralen Lichtern. Das besagt aber nichts über die Beweiskraft der Versuche nach unserem erzwungenermaßen primitiveren Verfahren. Aus folgenden Gründen nicht:

a) Zu jeder Mischfarbe, die in unsern Versuchen durch schnelle Drehung zweier Papiere (bei wechselndem Sektorenverhältnis) hergestellt wurde, läßt sich unzweifelhaft eine ruhende farbige Oberfläche finden oder herstellen, die mit jener dem Aussehen nach in allem übereinstimmt, mit Ausnahme des »Kornes« der ruhenden Fläche und etwa anderer Nebeneigenschaften, die für das Wählen der Tiere unmöglich von Bedeutung sein können. Der Mensch findet sich gegenüber solchen bunten Oberflächen völlig außerstande, anzugeben, ob ihre Farbe durch einen einzigen Farbstoff gebildet wird oder durch Mischung eines roten und eines gelben Farbstoffes in der Weise des Malers. Beide Farbenarten geben, da sie dem Aussehen nach vollkommen übereinstimmen, auch hier wie dort übereinstimmende Paare. Ob also der Mensch gegenüber jenen (Kreiselmischung) oder diesen (homogener Farbstoff oder Farbstoffmischung in jeder einzelnen Farbe, die vorliegt) nach Farbton zu wählen hat, das kann für das Wahlresultat überhaupt keinen Unterschied machen. Der Anthropoide müßte eine uns vollkommen unbekannte Fähigkeit besitzen, um optisch die Mischung durch Kreiseldrehung (zweier »Ausgangsfarben«) von dem Farbton eines einzigen Pigmentes (z. B. Orangepapier) qualitativ zu unterscheiden. Also würde auch er genau so gewählt haben, hätten wir »das Wahlmaterial nicht objektiv schon als eine Reihe von durchlaufendem Prinzip hergestellt«, hätten wir ihm also einfach eine Reihe irgendwie hergerichteter »selbständiger« Orangeflächen von mehr oder minder rotem und gelbem Aussehen zur Wahl vorgelegt. Daß wir zwei Ausgangsfarben (Rot und Gelb) in verschiedenen Verhältnissen auf Kreiseln gemischt haben, präjudiziert demnach gar nichts für den Versuchsausfall.

b) Jedes rote bis gelbe Pigment von hohem Sättigungsgrad, das wir uns gemäß a an Stelle der verschiedenen Kreiselmischungsprodukte als ruhende Frontfarbe an den Versuchskasten angebracht denken, kann mit größter Annäherung ersetzt werden durch ein einziges homogenes Spektrallicht von passender Intensität, genommen aus dem Spektralbereich zwischen 680 und 590 $\mu\mu$, derart daß kein Mensch dem Farbton nach einen Unterschied zu sehen

vermöchte zwischen der spektralen homogenen Farbe und der Qualität der Pigmentfarbe. Obwohl diese letztere unzweifelhaft eine komplexe Strahlung ins Auge wirft, ist das Aussehen des Farbtones und deshalb jede Reaktion, die das bloße Aussehen betrifft, dann in beiden Fällen gleich. Der Anthropoide müßte eine uns gänzlich versagte Fähigkeit haben, Strahlungen bei reinem Hinsehen in ihre Komponenten zu zerfällen, wenn es ihm anders gehen sollte, und da er nun die einzelnen Spektralfarben qualitativ ebenso sähe wie die Pigmentfarben, so könnte er sich auch beim Wählen zwischen Paaren von jenen nicht anders verhalten als beim Wählen zwischen Paaren von diesen[1]. — Wegen a folgt sofort, daß er im entsprechenden Gebiet des Spektrums ebenso transponieren muß wie gegenüber den gleichaussehenden Produkten der Kreiselmischung. Noch einmal, die Herstellung der zwischen Gelb und Rot liegenden Farben durch Mischung der Extremfarben in verschiedenen Verhältnissen kann auf keine Weise verantwortlich gemacht werden für den charakteristischen Versuchsausfall, also das reihengemäße Wahlverhalten der Schimpansen. Der ganze Einwand ist nichtig.

31. Die Mannigfaltigkeit bunter Farben läuft, wie allgemein zugegeben wird, in sich zurück, obschon im Spektrum und bei Verwendung nur homogener Lichter die Schließung nicht vollkommen ist. Wenn einzelne Strecken desselben Systems geradlinig verlaufen, wie die Farbenbeschreibung lehrt und die Wahlen der Tiere bestätigen, so ist Geschlossenheit des Ganzen nur möglich, falls an »ausgezeichneten Punkten« das Verlaufsprinzip scharf wechselt; und die Behauptung von »geraden Reihen« schließt die andere von »Punkten des Richtungswechsels« ein. Diese Punkte hat man die »Urfarben« genannt, und ihre ausgezeichnete Stellung im System wird naturgemäß ebenso bestritten wie die Reihenbildung selbst; ja man muß sagen, daß der Widerstand gegen die Heringsche Anschauung sich besonders gegen die Lehre von den ausgezeichneten Punkten richtet, eine Betonung gerade dieser Seite der Angelegenheit, welche sachlich unbegründet ist und (z. B. bei Wundt) auf fundamentale Mißverständnisse zurückgeht[2]. Wenn also auch der Nachweis von Reihen gleichen Verlaufsprinzips im bunten Farbensystem des Schimpansen bereits zu der Folgerung führt, daß in dem gleichen System ausgezeichnete Punkte vorkommen, so wird man doch noch auf experimentellem Wege zu sichern wünschen, daß diese

[1] Ich sehe hier ab von dem vermutlich nicht häufigen Fall einer Farbenanomalie beim Schimpansen. — Die Erörterung wird ferner auf Farben von schwach gelblichem Rot bis zum reinen Gelb beschränkt, die als homogene Lichter vorkommen. Für die meisten Menschen (auch Schimpansen?) ist reines Rot und jedenfalls ein Teil der Blau-Rot-Reihe auch spektral nur durch Mischung zu erzeugen.

[2] Diese wurden bereits vor etwa 20 Jahren von G. E. Müller besprochen, finden sich aber noch immer in neuen Ausgaben Wundtscher Schriften.

Konsequenz wieder mit bestimmten charakteristischen Tatsachen zusammentrifft[1].

32. Von einer Untersuchung dieser Frage mit Hilfe der Schimpansen wurde abgesehen. Einmal handelt es sich hierbei ausschließlich um die Gliederung des bunten Farbensystems, nicht um eine Eigenschaft gerade der Anthropoiden, und ferner wären für ein solches Unternehmen Bedingungen zu stellen, denen weder die oben untersuchten Schimpansen noch die derzeitigen experimentellen Mittel der Station gerecht werden könnten. Doch möchte ich nicht unterlassen, wenigstens kurz auf methodisch-technische Gesichtspunkte hinzuweisen, welche bei einer derartigen Untersuchung berücksichtigt werden müßten.

a) Haben wir es mit einer Tierart zu tun, von der nachgewiesen ist, daß sie unter geeigneten Umständen innerhalb einer bunten Qualitätenreihe strukturell und transponierend wählt, so folgt aus der Heringschen Grundanschauung, daß Individuen der gleichen Art, deren »positive Lernfarbe« auf einen ausgezeichneten Punkt des Systems fällt (oder einem solchen sehr nahekommt), bei Verlagerung des Paares nach der positiven Seite, im kritischen Versuch, nicht transponieren können. Ein Tier, das gelernt hat, z. B. gegenüber einem gelblichen Rot und einem reinen Rot diese zweite Farbe zu wählen, kann nach der Heringschen Lehre nicht ein bläuliches Rot wählen, das ihm mit dem reinen Rot zusammen im kritischen Versuch dargeboten wird; das Transponieren setzt gleichbleibende oder nahezu konstante Struktur voraus, und hier wechselt die Art des Zueinander vom Lernversuch zur kritischen Wahl. — Dabei muß, wie sich wohl von selbst versteht, hinreichend dafür gesorgt sein, daß das Tier von den Helligkeiten der Farben unabhängige Entscheidungen trifft, oder daß die Farben des Experiments mit genügender Annäherung gleiche Helligkeit besitzen: denn Wahlen nach Helligkeit würden ja im ganzen Gebiet zwischen Gelb und Blau (über Rot wie über Grün) im allgemeinen gleichsinnige transponierende Entscheidungen sein können; umgekehrt würden Helligkeitswahlen zwischen Grün und Rot (über Gelb wie über Blau) im allgemeinen nicht durchweg in einer Richtung ausfallen, da unterwegs ein Maximum der Helligkeit zu passieren wäre.

[1] Ganz formal betrachtet, ist der Nachweis von Strecken gleichen Verlaufsprinzips im bunten Farbensystem noch kein Nachweis von geraden Qualitätenreihen. Auch dies macht eine selbständige Prüfung der Urfarben-Lehre erwünscht.

b) Die Heringsche Anschauung schließt im angegebenen Fall nur aus, daß transponierend gewählt wird, gibt nicht zugleich an, wie das Versuchstier sich in solchen kritischen Wahlen wirklich verhalten müßte. So besteht die Möglichkeit, erstens, daß es gegenüber der neuen Struktur vollkommen ratlos ist, daß also Zufallsentscheidungen auftreten, zweitens, daß es in einer solchen Lage die positive Farbe seiner Lernversuche auch weiterhin bevorzugt. Für beide Verhaltensweisen lassen sich theoretische Begründungen geben, beide würden den Fall so gelegener Farbenpaare zahlenmäßig auszeichnen müssen gegenüber anderen Konstellationen, in denen die Struktur gleichartig bleibt und deshalb transponiert werden kann.

c) Liegen die Farben nicht so, wie eben vorausgesetzt wurde, sondern liegt das Lernpaar oder das kritische Intervall symmetrisch, oder asymmetrisch zu einem ausgezeichneten Punkt, so sind noch weitere Variationen, auch quantitative Abstufungen des Ergebnisses denkbar; man wird erwarten müssen, um so stärkere Abweichungen von deutlich transponierendem Wählen zu erhalten, je besser die Voraussetzung erfüllt ist, daß die positive Lernfarbe auf einen ausgezeichneten Punkt fällt. (Vgl. hierzu unten e).

d) Untersuchungen dieser Art sind nicht mit denselben Tierindividuen vorzunehmen, die schon kritische Versuche innerhalb einer Qualitätenreihe durchgemacht haben. Man könnte zunächst gerade daran denken, ein Tier, das innerhalb einer Reihe von *A* bis *E* (Bezeichnungen wie oben) gut transponierend gewählt hat, und dessen letzte positive Farbe *E* in *D E* vermutlich einem ausgezeichneten Punkte sehr naheliegt, nun noch gegenüber einem kritischen Paar *E F* entscheiden zu lassen, in welchem *F* schon zur angrenzenden Qualitätenreihe gehört. Es wäre in der Tat eine große Ersparnis an Arbeit, könnte man so von einer Dressur aus gleich zu mehreren kritischen Versuchen nacheinander fortschreiten. Aber man hat nur an die Erfahrungen mit Tercera zu denken, über die oben berichtet wurde, so wird klar, daß der Ausfall solcher Versuche von vornherein doppeldeutig wäre. Es ist nicht angebracht, einem Tier zuviel zuzumuten, und leicht könnte das Transponieren gegenüber *E F* unterbleiben aus Gründen, die mit dem Aufbau des Farbensystems nichts zu tun haben. (Dies ist eine der Ursachen, die mich abhielten, eine solche Untersuchung mit den vier Schimpansen der oben beschriebenen Experimente anzustellen;

einige orientierende Versuche zeigten mir deutlich, daß die Tiere nicht mehr einwandfreie Versuchspersonen für diese Prüfungsart waren)[1].

e) Die »Urfarben« eines Menschen sind nicht genau die ausgezeichneten Punkte im bunten Farbensystem eines anderen, und schon bei groben Bestimmungsversuchen kann man finden, daß die individuellen Unterschiede recht merklich sein müssen. Nichts anderes ist ja von vornherein wegen der Pigmentierungsvariationen im peripheren Auge zu erwarten. Also braucht das »reine Rot« eines menschlichen Versuchsleiters durchaus nicht die gleiche Bedeutung im Farbensystem eines übrigens farbentüchtigen Versuchstieres zu haben, und während man für Transpositionsversuche (wie die beschriebenen) die ungefähre Erstreckung einer Reihe nach »normalem« menschlichem Sehen schätzen darf, kann kein Mensch scharf die Grenzen der Reihe voraussagen, weder für andere Menschen, noch erst recht für Tiere; selbst nicht von einem Tier auf das andere kann man in dieser Hinsicht sichere Schlüsse ziehen. Es läge deshalb wieder nahe, folgendermaßen vorzugehen: Die Prüfung wird angefangen bei einem Lernpaar $D\,E$, dessen E sicher noch nicht Urfarbe sein kann. Ergibt der kritische Versuch an $E\,F$ transponierendes Wählen, — weil F zwar in der angrenzenden Reihe, aber dem ausgezeichneten Punkt näherliegt als E — so wird für das gleiche Versuchstier ein »Lernpaar« $D_1\,E_1$ eingeführt, das um ein wenig (gegen $D\,E$) in der Richtung des Wählens verschoben ist: man prüft hinterdrein, ob in $E_1\,F_1$ (F_1 liegt zu F wie E_1 zu E) immer noch transponiert wird usw. —, bis schließlich ein Punkt E_n erreicht ist, bei dem der kritische Versuch kein Transponieren mehr ergibt. .

Ich warne auch vor dieser Versuchsart, jedenfalls vor ihrer Anwendung bei einem leicht lernenden Tier. Angenommen, es handle sich um die Feststellung eines reinen Rot von Orangetönen her, und im Versuch mit $D\,E$ und $E\,F$ werde noch transponiert, weil F, obwohl schon in der nächsten Reihe doch stärker rot wäre als E, und dieses noch merklich gelb. Besteht die kritische Prüfung etwa aus 25 Versuchen, so hat das Versuchstier zwar ganz recht getan, wenn es ihnen allen oder doch der Mehrzahl transponierte; aber da die Wahlen einer etwa blauroten Farbe

[1] Anderseits kann ich auf Grund dieser Vorversuche an dem Erfolg zukünftiger strenger Experimente nicht zweifeln.

von Erfolg begleitet waren, so werden die kritischen Versuche nebenbei eine schwache Vorliebe für blaurote Töne stiften können. Kommt vollends in $D_1 E_1$ die Farbe E_1 dem reinen Rot immer noch nicht nahe genug, und wird deshalb auch in $E_1 F_1$ transponiert — die ersten kritischen Versuche begünstigen bereits fehlerhafter Weise dies Transponieren ein wenig — so kann hierbei unversehens eine recht erhebliche Vorliebe für blaurote Töne entstehen. Diese wieder begünstigt schon stark ein Transponieren in $E_2 F_2$ usw., kurz, ein ausgezeichneter Punkt E_n kann sehr wohl vorhanden sein, ohne daß er doch auf diesem Wege notwendig entdeckt werden müßte. Denn es besteht die Möglichkeit, daß das Tier bei einem solchen Verfahren aus einer Dressur (rote Seite im gelbroten Paar) in eine andre (blaue Seite im blauroten Paar) allmählich hinübergleitet, wird es doch durch die Anlage der Versuche hierzu fast verführt. Je leichter das Tier lernt, je beweglicher sein Verhalten, desto eher wird eine solche Umdressur durch die kritischen Versuche unvermerkt erzeugt werden, und ich halte es für durchaus möglich, daß man mit einem Schimpansen z. B. dergleichen absichtlich vornehmen kann. Für die Prüfung des Farbensystems kommt ein solches Verfahren also überhaupt nicht in Betracht.

Hier macht sich eben stark geltend, daß ein hochstehendes Tier mit plastischem Nervensystem nicht wie ein physikalischer Meßapparat behandelt werden kann. Mit diesem lassen sich viele Messungen nacheinander vornehmen, etwa um ein Resonanzmaximum zu finden oder dergleichen, und die früheren Messungen wirken in keinerlei Weise auf die späteren ein. Das Tier dagegen ist ein anderes geworden, wenn wir von Versuchen mit den Paaren $D E$ und $E F$ zu weiteren mit $D_1 E_1$ und $E_1 F_1$ übergehen; leider wissen wir im allgemeinen nicht einmal genau, welcher Art die Veränderung ist.

f) In den oben beschriebenen Versuchen war die Verwendung von Kreiselmischfarben ein zulässiges Verfahren (vgl. S. 89). Weder solche Farben noch irgendwelche Pigmente überhaupt können als Ersatz spektraler Lichter dienen, wenn es sich darum handelt, das Vorhandensein ausgezeichneter Punkte im Farbensystem nachzuweisen und ungefähr ihre Lage zu bestimmen. Jede Farbe, die durch Drehung von Sektorenscheiben gewonnen wurde, war für das Wählen gleichwertig einer Spektralfarbe (oder einer Mischung von Spektralfarben bei gewissen roten und blauroten Tönen). Aber nicht immer wären es genau dieselben Spektralfarben gewesen, die man an Stelle der hier verwandten hätte einführen können. Je nach der Tageszeit und der Klarheit des Himmels, der Wolkenverteilung, änderte sich das Aussehen der rotierenden Farbscheiben ein wenig; insbesondere

konnte der Eindruck von Bläulichkeit oder Gelblichkeit, den die Farben machten, nicht als wirklich konstant gelten. Wo schon für den Menschen keine Unabhängigkeit von der Qualität der Beleuchtung besteht, da wird man sie auch für Tiere nicht annehmen dürfen. — Bei Versuchen innerhalb einer Reihe gleichen Verlaufsprinzipes störte eine geringe Verschiebung der absoluten Qualitäten nicht, da ihre einzige merkliche Wirkung darin bestand, die Farbintervalle ein wenig »enger« oder »weiter« zu machen, bisweilen auch sie als ganze um etwas in der Reihe zu verschieben. Die Erfahrung lehrt, daß dergleichen für einen strukturell wählenden Schimpansen keine Störung bedeutet. Ganz anders bei Versuchen von der jetzt zu besprechenden Art. Es kann den Ausfall von Wahlen dicht an einem ausgezeichneten Punkt vollkommen ändern, wenn eine der Prüfungsfarben eine merkliche Verschiebung erleidet; nimmt man eine Anzahl solcher Prüfungen nicht bei konstanter Beleuchtung vor, so wird ein Wechsel des Versuchsausfalls möglich werden, den nur die Änderung des Wahlmaterials bedingt. Solche Untersuchungen sind also mit spektralen Lichtern vorzunehmen, solange man nicht in der Lage ist, für ausreichende Konstanz (künstlicher) Beleuchtung zu sorgen. — (Hierin ist es zu zweit begründet, daß diese Frage nicht schon hier untersucht wurde.)

g) Da es sich nicht eigentlich um ein tierpsychologisches Problem handelt, kommt gar nichts darauf an, daß ein besonders interessantes Versuchstier zur Prüfung herangezogen werde. Anthropoiden für solche Zwecke zu verwenden, wäre geradezu unangebracht. Erstens erscheint ein möglichst ruhiger, gleichmäßiger Charakter, ein möglichst berechenbares, ja mechanisches Verhalten des Prüfungstieres für solche Versuche durchaus erwünscht — und dieser Anforderung wird der Anthropoide wohl weniger gerecht als die meisten anderen Tiere, an die man denken könnte. Zweitens pflegt als Einwand gegen die Heringsche Anschauung mit Vorliebe geäußert zu werden, allerlei gefühlsbetonte Erfahrungen, im Farbensystem besonders fixiert mit Hilfe der Sprache, täuschten die Auszeichnung bestimmter Qualitäten vor: rot sei das Blut, gelb der Wüstensand, blau der Himmel — und dergleichen wunderliche, der Sache wenig angemessene indirekte Ableitungen mehr, in denen eine Art älterer Psychologie Großes leistet. Man kann allen umständlichen Diskussionen über diese Dinge um so besser aus dem Wege gehen, je tiefer die Tierart steht, mit der man die Untersuchung durchführt. Unterhalb eines gewissen Niveaus tierischer

Entwicklung wird nicht leicht jemand bei positivem Versuchsausfall die Erklärung wagen, das Prüfungstier sei durch Farbnamen verleitet und durch seine Gefühle überwältigt worden. Wird eine solche Erklärung doch vorgebracht, so läßt sich ein niedrigerstehendes Tier leichter vom ersten Tage seines selbständigen Lebens an in tonfreier Umgebung aufziehen und so halten, bis es in den Farben seines Lernpaares die ersten bunten Eindrücke überhaupt bekommt. Danach wird man eine Tierart zu den Versuchen heranziehen, die auf recht niederer Entwicklungsstufe steht, sich möglichst mechanisch und gleichmäßig zu verhalten pflegt, zugleich aber noch farbentüchtig ist und innerhalb bunter Qualitätenreihen (unter geeigneten Versuchsbedingungen) vorwiegend strukturell wählt. Unter den Vögeln könnte man an das Huhn denken, unter den Säugetieren scheint Sus scrofa für Versuche recht brauchbar zu sein[1]; doch ist im letzteren Falle noch nicht die Farbentüchtigkeit, in beiden Fällen noch nicht geprüft, ob gegenüber bunten Farben einer Reihe hauptsächlich strukturell gewählt wird. In dieser Hinsicht muß die Tierart vor Beginn der Untersuchung vollkommen bekannt sein.

33. Schon die vorausgehenden Überlegungen zeigen, daß eine zuverlässige Untersuchung des ganzen Farbensystems und aller vier Zonen, die ausgezeichnete Punkte enthalten dürften, eine sehr ausgedehnte Arbeit darstellen würde. Aber schon der Nachweis eines solchen Punktes dürfte ja als hinreichende Bestätigung der Heringschen Lehre gelten und deshalb werden im folgenden drei Versuchsverfahren kurz so geschildert, als handle es sich um nur einen ausgezeichneten Punkt. Oben war im Anschluß an Versuche von Rot die Rede; für die Prüfung mit spektralen Lichtern sind andere Farben vorteilhafter, und man könnte z. B. zuerst an Grün denken, weil vor kurzem die Theorie erneuert wurde, Grün sei keine Grundfarbe, oder auch an Gelb, eine Farbe, die bei Helmholtz so gar nichts bedeutet.

Die drei Versuchsverfahren, welche bei der Prüfung anwendbar erscheinen, stimmen in einigen Grundzügen überein.

Auf den zu untersuchenden Teil des Farbensystems werden Doppelpaare von Farben verteilt, derart, daß das ganze Gebiet von einer Art »Punktmannigfaltigkeit« der je in Doppelpaaren zusammengehörigen Farben möglichst dicht besetzt ist, und die einzelnen Doppelpaare durch geringe

[1] Vgl. R. M. Yerkes und C. A. Coburn, Journ. of Animal Behavior 5, 1915.

Verschiebungen ihrer Farben auseinander hervorgehen. Dann wird eine Anzahl dieser Doppelintervalle ganz in Qualitätenreihen, auf der einen oder auf der anderen Seite des hypothetischen ausgezeichneten Punktes, andere werden symmetrisch und asymmetrisch zu diesem liegen. Je mehr verschiedene Doppelpaare untersucht werden, desto zuverlässigere Ergebnisse darf man erwarten. — Die Weite aller vorkommenden Intervalle ist ganz angenähert gleich zu wählen; doch macht es nicht viel aus, daß wir in derartigen Schätzungen keine große Genauigkeit erreichen; denn soweit die bisherigen Erfahrungen darüber belehren, wird das Ergebnis von Variationen in dieser Hinsicht recht wenig beeinflußt. Man wird die Intervalle nicht sehr klein wählen, weil sich sonst die Lernaufgabe der Tiere als zu schwer oder gar unlösbar erweisen dürfte.

Auf diese Doppelpaare wird eine möglichst große Anzahl Versuchstiere von vergleichbaren Eigenschaften (Alter, Gesundheit usw.) verteilt, so daß auf jedes Doppelpaar eine kleine Gruppe Tiere kommt. Wie man sieht, muß sich auch bei Untersuchung nur einer Urfarbe schon eine beträchtliche Gesamtziffer von Tieren und eine ansehnliche Arbeitsmenge für den Experimentator ergeben. Doch könnte man sich mit etwa 24 Individuen, verteilt auf 6 Doppelpaare, vorläufig begnügen, und würde wohl schon hierbei zu einer Entscheidung kommen müssen. Bei der ersten der gleich anzuführenden Methoden würden sogar 12 Tiere, auf 6 Paare verteilt, am Ende genügen. Soviele Tiere zu untersuchen, ist aber für die Spezialisten der Tierpsychologie (etwa in Amerika) durchaus keine erschreckende Aufgabe, auch hat man dergleichen schon geleistet, wo es sich um weniger prinzipielle Fragen handelte als hier[1].

Von dieser Grundlage kommt man zur Ausführung auf folgenden Wegen:

A) Unbeeinflußte kritische Wahl.

Je eines der Farbenpaare im Doppelintervall wird zum Lernen verwandt, etwa überall so, daß die gleiche Seite (Richtung im Spektrum) als positiv, als richtig gilt. Hat man aber genug Tiere, so kann jede Gruppe (die auf ein Doppelpaar entfällt) noch unterteilt werden, und die Lern-

[1] Ich selbst habe im Zeitraum von 2 Jahren im ganzen 15 Hühner nur gewissermaßen nebenher untersucht und kann nicht finden, daß die Anstrengung groß gewesen wäre. Vor die Wahl gestellt, als Versuchsperson 20 Reihen sinnloser Silben zu lernen oder aber ein Dutzend Hühner der Farbenfrage wegen zu untersuchen, würde ich mich für das zweite entscheiden.

richtung ist im einen Fall die entgegengesetzte wie im andern. Hinterdrein macht ein jedes Tier am zweiten Paar (Verlagerung nach der positiven Seite) unbeeinflußte kritische Wahlen, und wenn die Heringsche Anschauung zutreffend ist, müssen die Ergebnisse von der Lage der Farbpaare im System in einfacher Weise abhängen und den ungefähren Ort des ausgezeichneten Punktes zu erkennen geben. Lernt die eine Hälfte der Tiere in entgegengesetzter Richtung wie die andere Hälfte, so ist natürlich für die einen Lernpaar, was als kritisches Paar für die andern dient; die Resultate, die den ausgezeichneten Punkt von beiden Seiten her zu bestimmen hätten, müßten einander entsprechen. — Diese Methode dürfte am wenigsten Arbeit machen, sie hat aber Nachteile, auf die ich nach früheren Bemerkungen nicht noch einmal einzugehen brauche (vgl. S. 26).

Hier wie in den beiden andern Methoden geht man so vor, als liege der ausgezeichnete Punkt für alle Tierindividuen an genau der gleichen Stelle. Diese Fiktion dürfte insofern berechtigt sein, als die Versuchsverfahren glücklicherweise schon Annäherung an den ausgezeichneten Punkt merklich machen werden, so daß diese Stelle, die, für die Tierart genommen, eine kleine Zone (individueller Variationen) darstellt, sich doch stets geltend machen müßte, solange man nicht gar zu wenig Doppelpaare und Tiere untersucht.

B) Kritische zweite Dressur. (Vgl. S. 29 die »Kombination von I und II«.)

Der Beginn des Verfahrens kommt mit dem des ersten überein: jedes Tier lernt in einem Paar. Nach Abschluß dieser Dressur aber überläßt man es in den kritischen Versuchen nicht sich selbst, sondern jetzt sucht der Versuchsleiter Wahlen der absoluten oder kritischen Art zu erzwingen. Die Tiergruppe jedes Doppelpaares zerfällt in zwei Unterabteilungen, deren eine in der nachfolgenden kritischen Dressur zu absolutem Wählen (also auch weiterhin der positiven Lernfarbe) veranlaßt wird, während die andere das kritische Paar im Sinn einer gleichbleibenden Struktur zu behandeln lernt. Unter beiderseits sonst gleichen Umständen wird die zweite (kritische) Dressur fortgesetzt, entweder bis ein bestimmtes quantitatives Resultat erreicht ist, oder auch bis eine bestimmte Anzahl Übungen stattgefunden hat. Im ersten Fall mißt die erforderliche Arbeit (Zeit, Wiederholungszahl), im zweiten das erreichte Resultat, wie schwer oder leicht die Aufgabe war, und die Ergebnisse für alle Tiere zusammen müssen wieder ein Bild vom Aufbau des Farbensystems geben. Denn neigen die Tiere unter objektiv günstigen Bedingungen zum Transponieren, so sind in der Hauptsache vier Fälle zu unterscheiden:

a) Das kritische Paar läßt transponierendes Wählen auf Grund des vorausgehenden Lernens zu.

α) Das Versuchstier gehört zu der Gruppe, die eine zweite Dressur im absoluten Sinn durchmacht. Das Tier muß relativ schwer lernen.

β) Das Tier gehört zu der Gruppe, die jetzt zu transponierendem Wählen angehalten wird. Das Tier muß leicht lernen.

b) Das kritische Paar läßt kein transponierendes Wählen zu, da die Struktur in ihm eine andere ist als im Lernpaar.

α) Das Versuchstier lernt jetzt absolut, also die alte positive Farbe wählen. Es muß relativ leicht lernen.

β) Das Tier wird gezwungen, weiterhin zu wählen, als läge im zweiten Paar die gleiche Struktur wie im Lernpaar vor; es soll also transponieren. Das Tier muß schwer lernen.

Das »schwer« und »leicht« des zweiten Lernens ist so zu verstehen, daß das Ergebnis einer Gruppe gemessen wird an den Ergebnissen der anderen. Außer den vier Hauptfällen müssen Zwischenformen auftreten, die nach dem Gesagten leicht anzugeben sind.

C) Kritische Doppeldressur. (Vgl. S. 31 die »Kombination von III und IV«.)

Die Entscheidung wird von vornherein im Lernprozeß gesucht. Von Anfang an sind beide Paare in Gebrauch, und jedes Tier hat zu lernen, wie es zu beiden zugleich Stellung nehmen soll. Für jede Konstellation (Doppelpaar) lernt die Hälfte der Tiere in beiden Intervallen die ihnen gemeinsame Farbe, also absolut wählen, die andere Hälfte soll transponierend wählen, oder doch, als handle es sich um beiderseits gleiches Zueinander. Während des Lernens wechseln die beiden Paare jeder Konstellation fortwährend miteinander ab. — Wieder müssen, wenn die Heringsche Grundanschauung zutreffend ist, die einzelnen Tiere ihre Aufgabe sehr verschieden leicht bewältigen können, je nachdem wie die Farben ihrer Doppelpaare im System liegen, und wie sich die Aufgabe (absolute oder Strukturwahl) zu der Lage der Farben verhält. An der Arbeit, die zu leisten ist, bis sich ein bestimmtes Resultat ergibt, oder auch an dem Ergebnis, das nach einer bestimmten Übungszeit (Wiederholungszahl) erreicht ist, mißt man die Schwierigkeit der Aufgabe. Die vier Hauptgruppen, die bei Methode B als mögliche Fälle angeführt sind, treten in C ebenfalls auf, mit dem einzigen Unterschiede, daß hier von einem zeitlichen Nebeneinander

zweier Paare die Rede ist, wo dort ein kritisches Paar später bei der Prüfung hinzukam. Über das Auftreten von Zwischenformen sowie die Bedeutung des »schwer« und »leicht« bedarf es keiner näheren Erörterung.

Zusammenfassung.

I.

1. Die Wahldressur von Tieren an Paaren einer Reihe könnte zwei Lernprodukte ergeben, deren jedes an einer der absoluten Gegebenheiten haftet. Beim Haushuhn und beim Schimpansen hat sich herausgestellt, daß die wesentliche Lernwirkung diesen Charakter nicht hat.

2. Durch Verlagerung des ursprünglichen Lernpaares in geeigneter Weise läßt sich zeigen, daß das Wählen der untersuchten Tiere sich in der Hauptsache auf das »Zueinander« der Lernobjekte richtet. Die Lernwirkung haftet an der Struktur des Paares.

Lernwirkungen, die an der absoluten Gegebenheit haften, sind, welches immer ihre Natur im einzelnen sein mag, von sehr vergänglicher Natur.

3. Die natürliche Tendenz zu strukturell orientiertem Verhalten bei Tieren kann geprüft werden

a) in unbeeinflußten kritischen Wahlen,

b) in kritischen Sekundärdressuren,

c) in Dressuren an mehreren Paaren zugleich.

4. Es besteht kein Anlaß, das Vorkommen von Strukturfunktionen überhaupt für beschränkt auf die höchsten Tierformen anzusehen. Dagegen variiert die Höhe möglicher Strukturfunktionen und der aus ihnen entspringenden Leistungen in den verschiedenen organischen Formen auf das Äußerste.

II.

5. Die unbeeinflußte Orientierung nach der Struktur tonfreier Farbepaare ist festgestellt bei Hühnern, beim Schimpansen und bei einem dreijährigen Kind.

6. Eine Prüfung von Schimpansen mit Größen (gleicher Form) hatte dasselbe Ergebnis.

7. Die Methode unbeeinflußter Wahl wurde angewendet, um das Verfahren zweier Schimpansen in einer Intelligenzprüfung auf die Wirksamkeit »sachlicher Bezüge« zu untersuchen. Das Ergebnis war positiv.

8. Das »Lernen« von Schimpansen in sogenannten Wahldressuren erscheint zu einem großen Teil als optischer Natur. Dabei dürfte das Gesichtsfeld organisiert, in ihm das Zueinander der Wahlgegebenheiten beherrschend gemacht werden. Das Lernen im engeren Sinn kann beim Schimpansen als plötzlicher Vorgang stattfinden wie beim Kind.

III.

9. Nur wenn die Grundanschauungen von Hering und G. E. Müller zutreffen, lassen sich die Versuche an tonfreien Farben und an Größen auf Reihen gleichen Verlaufsprinzips im bunten Farbensystem übertragen.

10. In zwei Reihen dieses Systems wurde die unbeeinflußte Orientierung von Schimpansen nach einer Struktur festgestellt, und damit zugleich erwiesen, daß es sich um Reihen gleichen Verlaufsprinzips handelt.

11. Ausgezeichnete Punkte des bunten Farbensystems würden gleichsinnigen Strukturwahlen oder Transpositionen eine Grenze setzen, weil an solchen Punkten das Verlaufsprinzip wechselt.

12. Es wurden Methoden angegeben, um ausgezeichnete Punkte festzustellen. Die Durchführung entsprechender Versuche dürfte über den Aufbau des bunten Farbensystems entscheiden.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

NR. 3

KAUSALE STUDIE ZUM ONTOGENETISCHEN UND PHYLOGENETISCHEN GESCHEHEN AM KIEFER

UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON ELEPHAS UND MANATUS

VON

PROF. DR. PHIL. ET MED. OTTO AICHEL

IN KIEL

MIT 5 TAFELN

Smithsonian FEB Office Library

BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

NR. 3

KAUSALE STUDIE ZUM ONTOGENETISCHEN UND PHYLOGENETISCHEN GESCHEHEN AM KIEFER

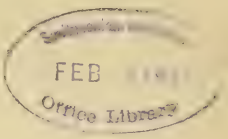
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON ELEPHAS UND MANATUS

VON

PROF. DR. PHIL. ET MED. OTTO AICHEL

IN KIEL

MIT 5 TAFELN



BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Vorgelegt von Hrn. von Waldeyer-Hartz in der Sitzung der phys.-math. Klasse am 11. April 1918.
Zum Druck verordnet am 18. April, ausgegeben am 27. August 1918.

Einleitung.

Die Beurteilung des Geschehens im Gebiß der Tiere ist dadurch ungemein erschwert, daß erforderliches Vergleichsmaterial fehlt.

Selbst große zoologische Sammlungen bieten auch von unschwer zu beschaffenden Tieren meist nur eine geringe Anzahl von Skeletten. Eine einigermaßen vollständige Serie von Altersstufen eines Tieres, die zur Beurteilung ontogenetisch sich vollziehender Abänderungen genügend erschiene, ist höchste Seltenheit.

Auch die anatomischen Institute sind in bezug auf Altersstufen menschlichen Materials nur wenig günstiger gestellt, gehören doch Kinderskelette auch in den anatomischen Sammlungen zu den seltenen, kostbaren Objekten.

Die Erforschung des ontogenetischen Geschehens an Kiefer und Zähnen ist erklärlicherweise beim Menschen weiter vorgeschritten als bei irgendeinem Tier, trotzdem sind auch beim Menschen noch viele Fragen umstritten.

Wie auf anderen Gebieten hat die vergleichend-anatomische Betrachtung auch auf dem Gebiete des Zahnsystems vielfach klärend gewirkt, sie ist aber noch lange nicht genügend herangezogen. Manche wichtigen Tiere sind der vergleichenden Forschung entzogen, weil man glaubt, Besonderheiten im Gebiß auf Sonderfaktoren zurückführen zu müssen. Eingehende Beschäftigung mit dem Gebiß solcher Tiere, z. B. Elephas, Manatus, führte zu dem Ergebnis, daß Vorgänge, die aus dem Rahmen gewöhnlichen Geschehens herauszufallen scheinen, auf den gleichen Faktoren beruhen, die auch sonst im Gebiß uns entgegentreten, — nur quantitative Unterschiede sind vorhanden.

Zu berücksichtigen ist, daß nicht nur Spezialisierung des Gebisses den Kiefer und Spezialisierung des Kiefers das Gebiß beeinflußt, sondern daß auch Sonderbildungen, die außerhalb der Kiefer gelegen sind, auf die Kiefer und damit auf das Gebiß einwirken. Bedeutungsvoll ist, daß bei

einzelnen Tieren oft Erscheinungen von wesentlicher Bedeutung werden, die bei anderen Tieren völlig in den Hintergrund treten, daher kaum beachtet werden.

Vorteilhaft erschien daher für die vorliegende Abhandlung, zunächst an der Hand des am eingehendsten untersuchten menschlichen Gebisses die Faktoren klarzulegen, die nachweisbar oder mutmaßlich Einfluß auf das Gebiß besitzen.

Eine auffallende Erscheinung bei den in dieser Arbeit ganz besonders berücksichtigten Elefanten und den Manatusarten, der sogenannte »horizontale Zahnwechsel«, soll in einem eigenen Abschnitt zunächst kritisch abgehandelt werden. Einzelne Kapitel, die sich mit Elephas, Manatus und Phacochoerus beschäftigen, sollen das scheinbare Sondergeschehen bei diesen Tieren analysieren.

Die Untersuchungen führen endlich auf die Frage, warum in der Elefantenreihe die Prämolaren verlorengingen.

I. Zur Nomenklatur.

Der Ausdruck »Dentition« hat in verschiedenem Sinn Anwendung gefunden.

Erstens versteht man unter dem Gesamtbegriff der Dentition alle Vorgänge, die überhaupt zur Entwicklung und Ausbildung des Gebisses gehören.

Zweitens wird im engeren Sinn der Ausdruck Dentition auf den Vorgang des Zahndurchbruchs beschränkt. Dentition bedeutet »das Zahnen«. Dentitio prima ist der Durchbruch des Milchgebisses, Dentitio secunda der Durchbruch des Ersatzgebisses, Dentitio difficilis umfaßt die Zahnungsbeschwerden und Zahnungskrankheiten.

Drittens versteht man unter Dentition den Zahnwechsel im besonderen, da der Durchbruch des Ersatzgebisses zugleich den Wechsel der Zähne begreift.

Viertens wird bei dem Ausdruck Dentition von Vorgängen abstrahiert und mit erster und zweiter Dentition das Milchgebiß und das permanente Gebiß selbst bezeichnet. In dem Sinn spricht man auch von einer »prälaktealen Dentition« und von einer »postpermanenten Dentition«, hypothetischen Zahngenerationen, deren Zahnkeime nicht zum Durchbruch gelangen.

Fünftens wird der Ausdruck Dentition auf Vorgänge bezogen, die mit der Aufeinanderfolge der Zahngenerationen nichts zu tun haben. Das ist z. B. bei Elephas und Manatus der Fall, oder wenn man bei ihnen von verschiedenen sich ablösenden Dentitionen spricht oder diesen Tieren einen »horizontalen Zahnwechsel« im Sinne des Wechsels von Zahngenerationen zuerkennt.

Der Wortbildung nach sollte der Ausdruck »Dentition« jedenfalls nur auf Vorgänge Anwendung finden; die Zahngenerationen als solche darunter zu verstehen, das Milchgebiß als erste, das Ersatzgebiß als zweite Dentition zu bezeichnen, geht nicht an. Man darf also auch nur von einer prälaktealen Zahngeneration oder Zahnreihe sprechen, nicht von einer prälaktealen Dentition.

Dentition kann die Vorgänge umfassen, die bei der Entwicklung, dem Erscheinen und der weiteren Ausbildung bis zum endlichen physiologischen Ausfall des Zahns an ihm zur Beobachtung gelangen.

Der Ausdruck Dentition kann zweitens die Vorgänge umfassen, die sich durch die gegenseitige Beziehung der Glieder einer Generation ergeben.

Drittens wäre man berechtigt, mit dem Ausdruck Dentition auch die Vorgänge zu belegen, die sich aus der gegenseitigen Beziehung der Zahngenerationen zueinander ergeben; hierunter würde der Vorgang des Zahnwechsels fallen.

Zur leichteren Verständigung wäre aber doch besser, man einigte sich dahin, unter Dentition nur den Zahndurchbruch zu verstehen.

Die Einzelglieder einer jeden Zahngeneration besitzen verschiedene Durchbruchszeiten, das Gebiß hat also eine bestimmte Durchbruchsfolge der Zähne.

Hiermit braucht die Reihenfolge, in der das Wachstum der Zähne beendet ist, in der die Wurzeln vollendet sind, nicht übereinzustimmen, wir können also eine Vollendungsfolge der Zähne einer Generation unterscheiden.

Nun fallen physiologischerweise die Zähne, falls die Lebensdauer des Tieres die Funktionsdauer der Zähne übertrifft, in der Reihenfolge aus, in der das Wachstum beendet wurde (abgesehen von den Fällen, in denen der spät auftretende Zahn sehr klein ist). Vergleiche hierzu den Abschnitt über den physiologischen Zahnausfall S. 34ff. Wir müssen also auch eine physiologische Ausfallsfolge der Zähne berücksichtigen.

Zahndurchbruch und physiologischer Zahnausfall begrenzen die Funktionszeit des Zahnes. Brechen die Zähne zeitlich in rascher Aufeinanderfolge

durch, haben die jüngeren Zähne größere, der physiologischen Wurzelresorption (s. Abschnitt V) stärkeren Widerstand leistende Wurzeln, so wird der physiologische Zahnausfall nahezu gleichzeitig erfolgen, die Funktionszeit wird für die Zähne die gleiche sein. Stirbt gar, wie gewöhnlich, das Tier mit voll funktionsfähigen Zähnen, so werden Differenzen in der Funktionszeit der Zähne nicht hervortreten. Liegen aber die Durchbruchszeiten der Zähne weit auseinander, wird eine Funktionsfolge der Zähne um so deutlicher hervortreten, je kürzer die Funktionsdauer des älteren und je länger die Funktionsdauer des jüngeren Zahnes ist.

Bricht der jüngere Zahn erst durch, wenn die Funktionszeit des älteren erlischt, so wird ein Zahn den älteren funktionell ablösen. Dies ist z. B. beim Elefanten der Fall.

Lediglich Besonderheiten in der Funktionsfolge der Zähne, die der kausalen Klärung harren, bedingen bei Elephas, Manatus und anderen Tieren Erscheinungen, die unberechtigterweise, mißverständlich als »horizontaler Zahnwechsel« oder mit dem Begriff einer mehrfachen Dentition von manchen Autoren bezeichnet werden. Hierfür einige Belege:

Bei Guido Fischer (Bau und Entwicklung der Mundhöhle des Menschen unter Berücksichtigung der vergleichenden Anatomie des Gebisses usw., Leipzig 1909) lesen wir über Manatus in seiner 17. Vorlesung S. 174: »Von ihnen (Sirenia) haben Sie ja die Gattung Manatus mit besonderem Interesse bereits kennen gelernt, als ich Ihnen das Auftreten eines horizontalen Zahnwechsels innerhalb der Molarenreihe beschrieb.«

De Terra (Vergleichende Anatomie des menschl. Gebisses und der Zähne der Vertebraten, Jena 1911) sagt: »Bei den Elefanten nutzen sich die Zähne ständig ab, und die Tiere machen während ihres Lebens 6 bis 7 Dentitionen durch« (S. 145). — »Charakteristisch für die Proboscidier ist der horizontale Ersatz der Zähne, gegenüber dem durchschnittlich vertikalen der anderen Säugetiere« (S. 334).

R. Hertwig sagt in seinem Lehrbuch der Zoologie: »Die Backzähne — bei Mastodon und Dinotherium noch schmelzhaltig mit normalem Zahnwechsel — sind bei den Elefanten zusammengesetzt und unterliegen einem horizontalen Ersatz« (S. 566).

Zuckerkandl sagt in Scheffs Handbuch der Zahnheilkunde, Bd. I, Makroskopische Anatomie, S. 168: »In der Bezahnung der Fische und der Reptilien findet ein regelmäßiger Wiederersatz der verlorengegangenen Zähne

statt, welcher das ganze Leben hindurch andauert. — Diese wiederholten Dentitionen sind charakteristisch für das Gebiß der niederen Vertebraten. — Anklänge an diese Art von Zahnwechsel kehren unter den Säugetieren nur im Gebiß des Elefanten wieder, während bei allen übrigen Tieren wie beim Menschen die Zähne höchstens einmal gewechselt werden.«

Die Ausdrücke: Dentition, Zahnwechsel, Zahnersatz werden von vielen Autoren gleichbedeutend gebraucht, andere vermeiden, wohl absichtlich, bei Manatus und Elephas den Ausdruck Zahnwechsel und bevorzugen das Wort Zahnersatz im Bewußtsein, daß ein Zahnwechsel doch nur den Ersatz einer Zahngeneration durch eine andere bedeuten kann.

Wer den unglücklichen Ausdruck »horizontaler Zahnwechsel« geprägt hat, weiß ich nicht. Krauss (Neues Jahrbuch für Mineralogie 1862), der zuerst die eigenartigen Verhältnisse bei Manatus zu klären suchte, spricht nur von einem horizontalen Ersatz, ebenso Hartlaub (Zool. Jahrbücher Bd. I, 1886), der die Kraussschen Gedanken durch ein Schema erläuterte (Textfig. 4 S. 44). Erst in späteren Reproduktionen dieses Schemas schleicht sich die Bezeichnung »horizontaler Zahnwechsel« ein.

Bei Manatus sind wir nicht in der Lage zu entscheiden, welcher Zahngeneration die Zähne angehören.

Bei Elephas sind die drei ersten Backzähne Milchmolaren, die folgenden Molaren. Die Molaren (Zuwachszähne) können je nach dem Standpunkt des Forschers zur ersten oder zur zweiten Zahngeneration gerechnet werden. Man kann im zweiten Fall behaupten, daß hintereinander bei Elephas die Glieder zweier Generationen auftreten, als Zahnwechsel darf dieser Vorgang aber niemals bezeichnet werden, weil die Milchmolaren nicht durch Prämolaren ersetzt werden.

Der Ausdruck »horizontaler Zahnwechsel« oder »horizontale Dentition« muß zur Vermeidung falscher Vorstellungen unter allen Umständen fallen gelassen werden. Richtig wäre von einer in der Richtung von vorn nach hinten stattfindenden Funktionsfolge mit gleichzeitiger Funktion höchstens zweier Zähne bei Elephas zu sprechen. Bei Manatus fallen physiologischerweise vorn Zähne aus, mehrere funktionieren gleichzeitig, und hinten erscheinen während des ganzen Lebens Zuwachszähne: Manatus besitzt also eine von vorn nach hinten einsetzende Funktionsfolge mit gleichzeitiger Funktion mehrerer (oft zahlreicher) Zähne.

Der Ausdruck »horizontaler Zahnwechsel« könnte vielleicht für die Haifische in Anwendung verbleiben, bei denen unter der Vergrößerung der Kiefer die die Zähne tragende Kieferhaut über dem Kieferknochen sich verschiebt und die Zähne reihenweise zur Aufrichtung gelangen läßt, wobei Zähne verschiedener Reihen in einer Reihe oder verschiedene Reihen gleichzeitig in Funktion stehen können. (Siehe Abb. 6 und 7 Taf. I.)

II. Faktoren, die den Zahndurchbruch bewirken, und Durchbruchserscheinungen an Zahn und Kieferknochen.

Als mechanisch wirkende Faktoren, die den Zahn im Kiefer Stellungsänderungen durchmachen lassen, sind Kräfte angesprochen worden, die vom Zahn selbst ausgehen oder von der Umgebung ausgelöst werden.

Zunächst suchte man diese Kräfte entweder im Wachstum der Wurzeln oder in der Bildung der Alveolen; Wurzeltheorie und Alveolartheorie standen sich schroff gegenüber.

Dann fanden beide Theorien in eingeschränkter oder abgeänderter Form Anerkennung; die von diesen Theorien in Anspruch genommenen Faktoren sollten zusammenwirkend den Durchbruch zustande bringen.

Schließlich wurden auch noch Faktoren herangezogen, die außerhalb der Alveolen, weit entfernt vom Zahnkeim, ausgelöst werden.

Auch das Prinzip der Vererbung wurde als Hauptfaktor angesprochen.

Die Vererbung soll den Zahn zwingen, den Platz im Kiefer einzunehmen, der ihm durch den Ort der Entstehung an der Schmelzleiste angewiesen ist; man schrieb dem Zahn ein durch Vererbung eingepflanztes Bestreben zu, den ihm zugehörigen Platz einzunehmen. Hierfür verantwortlich gemachte mechanische Kräfte seien nur Hilfsmittel, die für sich allein das Geschehen nicht bewirken könnten.

Die Vererbung ist selbstverständlich bei jedem Geschehen im Organismus zu berücksichtigen; da sie selbst aber auf erblicher Fixierung von Faktoren beruht, sind wir bei kausalen Forschungen stets gezwungen, der Wirkungsweise und dem Ursprung dieser Faktoren nachzugehen. Eine Erklärung des Geschehens durch Vererbung allein als Hauptfaktor mit bewußter Entwertung erkennbarer mechanischer Faktoren umgeht die Lösung der Frage.

Wurzeltheorie.

Die Tatsache, daß der Zahn nach Beendigung der Schmelzentwicklung, ehe die Wurzeln vollendet sind, bereit zum Durchbruch steht und daß während des Durchbruchs deutlich verstärktes Wurzelwachstum nachweisbar ist, führte zur Wurzeltheorie, nach der die unter Konsolidierung sich verlängernden Wurzeln den Zahn mechanisch aus dem Kiefer herausdrängen sollen.

Spätere Autoren legen auf die Tatsache Wert, daß zur Zeit der Wurzelentwicklung die Schicht der Odontoblasten und die Schmelzscheide wurzelwärts von der Wurzelpulpa überragt wird, daß die vorquellende Pulpa pilzförmig der weit offenen Wurzel aufsitzt. Dieser als Pulpawulst bezeichnete Teil der Pulpa soll durch an den Randabschnitten erhöhtes Wachstum unter rückwirkender Kraft den aufsitzenden Zahn nach außen verlagern.

Da nun mit dem Wachstum des Pulpawulstes eine Verlängerung des konsolidierten Zahnabschnittes einhergeht, ist die Kombination dieser Faktoren, Höhenwachstum der Dentinkappe und Pulpawachstum, anerkannt worden.

Eine Reihe von Einwänden sind gegen die Wurzeltheorie erhoben, die ihre Berechtigung in Frage stellen oder doch beweisen soll, daß sie allein der Gesamtheit der Erscheinungen nicht Rechnung trage.

Hervorgehoben wurde, daß noch wurzellose Zähne zum Durchbruch gelangen können, wie dies z. B. bei vorzeitigem Durchbruch der Zähne des Neugeborenen der Fall ist. Stichhaltig ist dieser Einwand nicht, da die Ursache für den vorzeitigen Durchbruch in diesen Fällen darin gegeben sein kann, daß die Zahnkeime von vorne herein eine abnorm oberflächliche Lagerung besaßen.

Gegen die Wurzeltheorie scheint die Tatsache zu sprechen, daß Zähne, deren Wurzeln voll zur Ausbildung gelangen, nichtsdestoweniger im Kiefer steckenbleiben können. Auch dieser Einwand darf so lange nicht als stichhaltig angesehen werden, als Untersuchungen darüber ausstehen, ob die Abnormität etwa darauf beruht, daß der Zahnkeim von vorne herein abnorm weit von der Oberfläche angelegt wurde. In diesem Fall könnte die Wurzelbildung die Zahnkrone wohl verlagert haben, ohne daß Durchbruch des Zahnes nach außen die Folge war.

Weiter ist gegen die Wurzeltheorie die Tatsache verwertet, daß im Kiefer retinierte voll entwickelte Zähne später doch noch zum Durchbruch gelangen können. Hierbei kann der Faktor des Wurzelwachstums nicht

mehr in Frage kommen, andere Faktoren müssen also nachzuweisen sein, die ebenfalls den Zahndurchbruch bewirken oder doch am Durchbruch beteiligt sein können.

Das soll auch von der Tatsache gelten, daß der Weg, den die Zahnkrone zurückzulegen hat, länger ist als der Zuwachs, den die Wurzel während des Durchbruchs erhält, worauf noch einzugehen sein wird (s. S. 15). Endlich bleibt unter alleiniger Anerkennung der Wurzeltheorie eine Erscheinung im dunkeln: Alle Zähne, am auffälligsten die Molaren, ändern im Laufe der Entwicklung die Stellung, — die Kaufläche der Molaren blickt anfangs okzipitalwärts. Vor und während des Durchbruchs macht der Molar eine Drehung von fast 90 Grad. Da das Wurzelwachstum gleichmäßig an allen Wurzeln vorwärtsgeht, schaltet Wurzelwachstum zur Erklärung dieser Erscheinung aus.

Für die vorliegende Frage ist von Bedeutung, daß bei meist ausgesprochener Verschiedenheit der Länge der Wurzeln eines Zahnes doch die Stellung der Kaufläche die gleiche ist. Da das Wachstum der Wurzeln anfänglich gleichmäßig erfolgt, die längeren Wurzeln mithin eine längere Wachstumsperiode besitzen, müßte die Zahnkrone über längeren Wurzeln stärker erhoben werden, falls mit Wurzelverlängerung unbedingt Austreibung des Zahnes bewirkt würde. Da die vordere Wurzel der Molaren der Mandibula z. B. länger ist und später vollendet wird als die hintere, müßte die Kaufläche der Molaren vorn höher stehen als hinten. Die Kauflächen stehen aber in einer Ebene.

Wurzelwachstum bewirkt also nicht in jedem Fall eine kronenwärts gerichtete Verschiebung des Zahnes. Anderseits ist außer Zweifel, daß Wurzelwachstum am Durchbruch des Zahnes beteiligt ist. Ohne Anerkennung dieses Faktors wäre doch nicht zu verstehen, daß dauernd wachsende Zähne mit dauernd offener Pulpahöhle, z. B. die Stoßzähne der Elefanten, aus dem Kiefer heraustreten, wenn auch zuzugeben ist, daß diese Zähne dauernd die Alveole vertiefen und Resorption am freien Rande des Alveolarknochens statthat.

Auch die Tatsache, daß Zähne, deren Wurzeln sich abnorm früh ausbilden, entsprechend früher durchbrechen, zeigt, daß Wurzelwachstum am Zahndurchbruch beteiligt ist (Zuckerkandl).

Wenn dem Pulpawulst die Kraft zugeschrieben wird, den Zahn aus der Alveole vorzutreiben, ist unverständlich, daß nicht allen Weichteilen

zwischen konsolidierter Zahnhaube und Alveolenboden die gleiche Fähigkeit beigemessen wird. Wetzel betont besonders den bei Zellteilung entstehenden osmotischen Druck als Kraftquelle für Zahnverschiebung innerhalb der Alveole.

Neben osmotischem Druck dürfte aber auch der pulsierende Druck der mit Gewebewachstum sich vermehrenden Blutgefäße als Kraftquelle in Betracht kommen; handelt es sich doch um Weichteile, die nahezu rings von festen Teilen umgeben sind, ähnlich dem Gehirn, dessen pulsierende Wachstumswirkung einwandfrei feststeht.

Wachstum der konsolidierten Zahnkappe unter basalem Anbau und Wachstumsdruck (osmotischer und pulsierender) der zwischen Zahnkappe und Alveole gelegenen Weichteile sind als Teilfaktoren des Zahndurchbruchs anzuerkennen.

Alveolartheorie.

Baume (D. Vierteljahrsschrift f. Zahnheilk. 1873, Odontol. Forschungen, Leipzig 1882, Lehrb. d. Zahnheilk. 1890) glaubte als erster nachweisen zu können, daß der Zahn nicht durch Wurzelverlängerung aus dem Kiefer herausgetrieben werde, vielmehr wüchsen die Wurzeln gewissermaßen in den Kiefer hinein, und der Zahn soll durch Druckwirkung des wachsenden Knochenmarkes und unter Knochenneubildung am Boden der Alveole den Kiefer und die Weichteile durchbrechen.

Baume glaubt das Wurzelwachstum als treibende Kraft ausschließen zu können, weil beim 8jährigen Kinde, bei dem die Keime der Prämolaren unter den Vorgängern liegen, die Länge der Alveolen 15 mm betrage, der Prämolar müsse also einen Weg von 15 mm zurücklegen, um Kauflächenhöhe zu erreichen, die Wurzel wachse in der Zeit aber nur um 5 mm. Wurzelwachstum und Zahndurchbruch stünden nicht in Abhängigkeit, wohl aber Zahnwachstum und Alveolenvergrößerung; wohin die Wurzel des Zahnes auch gelange, da bilde sich ein Alveolarraum. Vorgetrieben würde der Zahn beim Durchbruch durch Wachstum am Boden der Alveole.

Gegen diese Auffassung ist von Zuckerkandl die Tatsache verwertet worden, daß zur Zeit der Bildung der Zahnkrone und des Zahnhalses der Zahn und seine Alveole zugleich in den Kiefer hineinwüchsen. Auf diese Weise rückten z. B. die oberen Eckzähne aus der Reihe heraus. Diese Tatsache ist nicht anzuzweifeln, hebt doch auch Baume hervor, daß die

Wurzeln in den Kiefer hineinwachsen, sie beweist aber nichts gegen die Ansicht Baumes, weil sie nicht zur Zeit des Durchbruchs statthat.

Ein weiterer Einwand Zuckerkandls, der Durchbruch beginne erst, wenn die Wurzeln eine gewisse Länge erreicht haben, und in der Zeit des Durchbruchs mache sich rasches Wurzelwachstum geltend, kann nur als Beweis für die Beteiligung des Wurzelwachstums am Durchbruch, nicht aber als Gegenbeweis gelten, der die Alveolartheorie in Frage stellt.

Endlich wird gegen die Alveolartheorie vorgebracht, die Alveole sei zur Zeit des Durchbruchs der Zähne für den Zahn viel zu weit, an ihrer Wandung seien Resorptionserscheinungen nachweisbar. Dieser Einwand ist berechtigt, denn Resorption beweist, daß der Knochen entlastet ist oder daß das Periost gedrückt wird. Untersucht man die Resorptions- und Appositionserscheinungen an der Alveolarwand, so ergibt sich folgendes:

Anfänglich ist an der jungen Alveole an allen Wandungen Resorption nachzuweisen. Während der Verlängerung der Wurzeln findet aber zur Zeit des Durchbruchs schon Knochenapposition an den Seitenwänden der Alveole vom Zahnhals abwärts statt. Diese Knochenneubildung darf nicht in der Weise gedeutet werden, daß durch sie der Durchbruch des Zahnes gefördert werde. In diesem Fall würde ja das Alveolarperiost unter Druck gestellt werden, und müßte Knochenresorption eintreten. Bekanntlich ist dem Periost jeder Druck unleidlich, nur auf Zug reagiert das Periost durch Knochenanbau (vgl. Anat. Anz. Bd. 49, S. 506—508; Aichel, Beitrag zur Abänderung der Knochenform durch physiologische Reizung des Periostes). Anbau an der Wandung des Alveolarraumes ist also Folge des Zuges am Alveolarperiost, der durch den heraustretenden Zahn bewirkt wird, Anbau ist Folge, nicht Ursache des Durchbruchs. Am Boden der Alveole wird dauernd abgebaut, bis der Zahn durchgebrochen ist. Anbau findet man während der Zahnentwicklung lediglich am Boden der Alveole zur Zeit der Bildung des Canalis alveolaris; ist die Scheidewand zwischen Alveole und Mandibularkanal vorhanden, so beobachtet man zahnwärts Abbau, kanalwärts Anbau an der Scheidewand, während am Boden des Kanals Abbau nachzuweisen ist.

Die Erklärung ist folgende: Unter dem energischen Wachstum des jungen Zahnkeims antwortet der Kieferknochen auf den Wachstumsdruck durch Abbau. Wurzelwachstum führt zu lokalen Resorptionserscheinungen im Bereich des Wurzelwachstums, an den Seitenwänden der Alveole wird

aber das Alveolarperiost bei der Durchbruchsbewegung des Zahnes gezerrt, hier findet man entsprechend Anbau. Mit der Vergrößerung des Basalteils des Kiefers findet unter dem Kanal Entlastung und Abbau statt, das pulsierende Gefäßnervenbündel weicht beim Vorwachsen der Wurzeln nach der Richtung aus, in der im Kiefer durch Entlastung abgebaut wird.

Die Alveolartheorie ist heute in keiner Fassung mehr anzuerkennen, ein Verdienst aber wird ihr dauernd verbleiben, der Nachweis der Tatsache, daß Wurzelwachstum zugleich mit Resorption am Boden der Alveole und Vorwachsen der Wurzel in der Kieferkörperrichtung verbunden ist.

Wirkung entfernter liegender Faktoren.

Beim Zahndurchbruch wird auch mit der Wirkung von Kräften gerechnet, die außerhalb der Alveolen entstehen.

Angenommen wird, daß der Kieferknochen bei der Beanspruchung auf Grund seiner Biegsamkeit und Elastizität imstande sei, auf die Stellung der Zahnkeime einzuwirken. Da der Zahnkeim von Weichteilen umgeben ist, würde ein durch Elastizität und Biegsamkeit der Kiefer auf die Alveole übertragener Druck in der Gewebsflüssigkeit der Wurzelhaut gleichartig verteilt werden, auch den Zahnkeim mithin von allen Richtungen in gleicher Stärke treffen. Hierdurch kann eine Stellungsänderung des Zahnkeimes nicht bewirkt werden.

Allseitiger Druck von seiten der die Alveole umgebenden Knochenmassen wird im allgemeinen überhaupt wirkungslos bleiben, da der Zahnkeim durch seinen Wachstumsdruck das Periost zur Resorption des umgebenden Knochens anregt. Nur in Fällen, in denen der durch Beanspruchung ausgelöste Anbau im umgebenden Knochen die resorbierende Tätigkeit der Alveolen überflügelt, die Alveole von allen Seiten eingeengt wird, gerät der Zahnkeim unter Druckverhältnisse, die seine Entwicklung hemmen müssen. Dies ist oft beim letzten Molaren des Unterkiefers der Fall und führt zu Verkümmerung des Zahnes. (Verkümmerung des letzten Molaren des Oberkiefers beruht auf Einschränkung des Zahnbettes durch Kieferverkürzung.) Handelt es sich aber um Druck, der die Alveole von einer Seite trifft, geht er etwa von sich entwickelnden trajektoriellen Bahnen aus, so weicht die Alveole durch entsprechend stärkere Resorption an der entgegengesetzten Seite aus. Die ganze Alveole mit dem Zahnkeim wird verlagert. Gleiche Verhältnisse finden wir an den den Knochen versorgenden Ge-

fäßen, den Arteriae nutritiae, sie werden niemals als pulsierend wachsende Organe von sich bildenden trajektoriellen Knochenmassen erdrückt, weil sie unter Resorption ihre Bahn frei halten.

Die allmählich unter dem Längenwachstum des Unterkiefers sich ausbildende Divergenz zwischen Kieferbogen und Zahnbogen ist ebenfalls teilweise darauf zurückzuführen, daß die im Kieferast liegenden Zahnkeime der Trajektorienbildung an der lateralen Kieferwand ausweichen; das divergierende Auswachsen der Kieferäste spielt selbstverständlich die Hauptrolle, erklärt aber nicht, daß die Zahnreihe des Unterkiefers schließlich von den Oberkieferzähnen lateral etwas überlagert wird.

Die Elastizität des Knochens hat keinen Einfluß auf den Zahnkeim, weil durch Elastizitätsmomente ausgelöster Druck von der Gewebeflüssigkeit der Wurzelhaut aufgenommen und allseitig gleichartig auf den Zahnkeim übertragen wird.

Nun wissen wir, daß der Kieferkörper sich allmählich unter der wachsenden Beanspruchung der Kiefer vergrößert, er wird erhöht. Im Oberkiefer wird dadurch der gesamte Alveolarteil vom Boden der Augenhöhle entfernt, im Unterkiefer der Kieferkörper durch basalen Anbau erhöht.

Diese Massenzunahme der Kieferknochen kann nur eine Lageveränderung des Alveolarfortsatzes bewirken, sie stellt den wachsenden Wurzeln zugleich den Boden zur Verfügung, in den hinein sie sich verlängern können; direkt zur Verwirklichung des Zahndurchbruchs hat Erhöhung der Kieferkörper keine Beziehung.

Ein anderes Moment ist aber von großer Bedeutung, das kausal mit der Erhöhung des Kieferkörpers zusammenhängt: Mit Erhöhung der Basis der Kiefer wird der freie Rand des Alveolarteils entlastet und abgebaut; unter dem Wachstum des Zahnkeims (Wurzelbildung) baut zugleich die Kuppel der Alveole ab, ebenfalls ein Moment, das zur Entlastung des freien Randes des Alveolarteils führt.

Beide Faktoren bedingen mithin starkem Abbau des freien Randes des Alveolarteils. Hierauf beruht die Tatsache, auf die Zuckerkandl hinweist, daß nämlich im ersten und zweiten Lebensjahr an den Alveolen der durchbrechenden Milchzähne Abbau zu beobachten ist; daß im sechsten Lebensjahr der gleiche Prozeß an der Alveole des durchschneidenden ersten Molaren beginnt. Bei den Ersatzzähnen schwindet eine 4—5 mm hohe Schicht des

Alveolarfortsatzes, die Pars alveolaris wird beim Durchbruch förmlich abgetragen, hierbei wird die Alveole niedriger.

Dieses Geschehen hat auch auf die Formgestaltung des Unterkiefers Einfluß, wir werden darauf noch zurückzukommen haben.

Erwähnt wurde, daß zur Beurteilung der Faktoren, die den Zahndurchbruch bewirken, auf die Tatsache aufmerksam gemacht wurde, der Weg, den der Zahn zurücklege, sei länger als der Zuwachs, den die Zahnwurzel beim Durchbruch erfährt. Geschlossen wurde hieraus, daß Wurzelwachstum allein den Durchbruch zu erklären nicht imstande sei. Ist dem zweifellos zuzustimmen, so muß bei Berücksichtigung des oberflächlichen Abbaues des Alveolarteils beim Zahndurchbruch zugegeben werden, daß die genannte Schwierigkeit in Wegfall kommt.

Zu berücksichtigen ist noch, daß auch die Ansicht geäußert wurde, der Kaudruck übe einen Reiz aus, der den Durchbruch des Zahnes erleichtere. Das Kauen von Brotrinden und auf Schnullern oder Kauringen z. B. soll durch Druck auf das Periost die Oberflächenresorption begünstigen. Sicher handelt es sich um einen sehr unwesentlichen Faktor; verteidigen läßt sich eher noch, daß bei diesen Kaubewegungen das Periost nicht gedrückt, sondern gezerrt werde und Anbau veranlassen müsse. Die Auffassung sollte nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden.

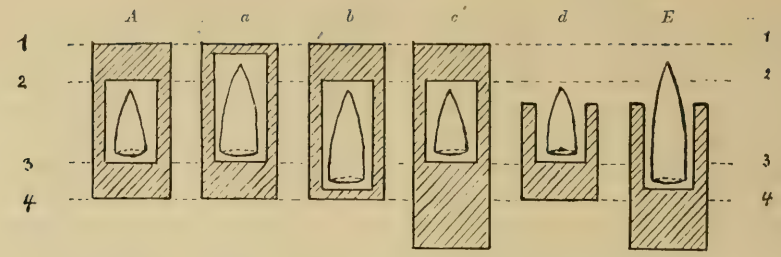
Daß Kau-, Zungen-, Wangen- und Lippendruck als Regulatoren für die Zahnstellung Bedeutung haben, ist bekannt; diese Faktoren gelangen aber erst nach dem Durchbruch zur Geltung.

Schematische Darstellung der Durchbruchserscheinungen.

Für den Zahndurchbruch sind folgende Erscheinungen von Bedeutung: Verlängerung der soliden Zahnkeimkappe, welche Verschiebung des Zahnkeims nach der Kronenrichtung und Tiefenwachstum bewirkt, sowie Oberflächenresorption des Alveolarteils. Beide Vorgänge sind unmittelbar am Zahndurchbruch beteiligt. Erhöhung der Kieferbasis und Tiefenwachstum des Zahnkeims bedingen Entlastung des freien Randes des Alveolarteils, nehmen somit mittelbar auch am Durchbruch des Zahnes teil.

Die Textfig. 1 soll die Vorgänge beim Zahndurchbruch veranschaulichen.

Gehen wir von einem indifferenten Stadium (A) aus, bei dem 1 den freien Rand des Alveolarteils, 2 den oberen Rand der Alveole, 3 den Alveolenboden, 4 die Basis des Kieferknochens darstellen soll. Fig. 1*a* zeigt



Textfigur 1. Schematische Darstellung der Durchbruchserscheinungen des Zahnes.
A indifferentes Ausgangsstadium, bei dem *1* den freien Alveolarrand, *2* die oberen Alveolengrenzen, *3* die untere Alveolengrenze, *4* die Basis des Kieferknochens darstellt.
a, *b*, *c*, *d* veranschaulichen die Einzelerscheinungen: *a* Höherwerden der soliden Zahnkappe und kronenwärts gerichtetes Zahnwachstum, *b* wurzelwärts gerichtetes Zahnwachstum, *c* Vergrößerung des Basalteils des Kiefers, *d* Oberflächenresorption am freien Rand des Alveolarteils.
E Ergebnis der Einwirkung der Erscheinungen *a*, *b*, *c*, *d* auf das Ausgangsstadium *A*.

die Wirkung des Höherwerdens der soliden Zahnkappe als kronenwärts gerichtetes Wachstum, 1 *b* das Wachstum des Zahnkeims wurzelwärts, 1 *c* stellt die Vergrößerungen des Basalteils des Kiefers durch Oberflächenanbau dar. Hierdurch wird direkt die Stellung des Zahnes im Kiefer nicht beeinflußt, auch das Tiefenwachstum des Zahnes befördert den Durchbruch direkt nicht. Fig. 1 *d* veranschaulicht die Oberflächenresorption am freien Rande des Alveolarteils.

Zeigen die Fig. *a*, *b*, *c*, *d* die Wirkung der einzelnen Faktoren auf das Ausgangsstadium A, so zeigt die Fig. *E* die Gesamtwirkung dieser einzelnen Faktoren auf das Ausgangsstadium A.

Die Haupterscheinungen beim Zahndurchbruch sind Höhenwachstum des Zahnes und Kieferresorption am freien Rande des Alveolarteils.

Tiefenwachstum des Zahnes und Erhöhung des Basalteils des Kiefers wirken indirekt, indem der freie Rand des Alveolarteils außerhalb der Beanspruchungszone zu liegen kommt und resorbiert wird.

Höhenwachstum und Tiefenwachstum des Zahnes wird durch das Wachstum der Zahnkeime, zu denen auch das Alveolarperiost zu rechnen ist, bewirkt.

Erhöhung des Basalteils des Kiefers wird durch alle Faktoren bewirkt, die den Kiefer mechanisch beanspruchen, Resorption am freien Rande des Alveolarteils ist Folge der Entlastung, Entlastung am Alveolarteil aber die Folge der Vergrößerung des Basalteils.

III. Faktoren, die das Kieferwachstum beeinflussen, und Erscheinungen beim Kieferwachstum.

Wenn bei Besprechung der Faktoren, die den Zahndurchbruch bewirken, schon hervorgehoben wurde, daß das Kieferwachstum für den Durchbruch von Bedeutung ist, so besteht andererseits ein Einfluß der Zahnentwicklung auf die Formbildung des Kiefers, die bei einzelnen Tieren mehr, bei anderen weniger hervortritt.

Beim Menschen fällt die Anlage der Kieferknochenkerne in das Ende des zweiten und Anfang des dritten Fetalmonats. Im Beginn des vierten Entwicklungsmonats sind die ursprünglichen Komponenten verwachsen und am Ende des vierten Monats die meisten Formverhältnisse vorbereitet, die uns an den Kiefern des Neugeborenen entgegentreten.

Vergleichen wir die Kiefer des Neugeborenen und erwachsener Individuen, so ergeben sich Veränderungen der Form nach der Breite, Tiefe und Höhe, denen gegenüber eine Veränderung des Alveolarbogens gering ist.

Kieferbogen und Alveolarbogen.

Der Alveolarbogen des Neugeborenen darf nicht mit dem ganzen Zahnbogen des Erwachsenen verglichen werden, bei diesem darf zum Vergleich nur der Abschnitt herangezogen werden, der bis zur Alveole des ersten Molaren reicht; der übrige Teil scheidet als spätere Anbildung aus.

Breitenwachstum der Kiefer.

Legt man den Kiefer des Neugeborenen auf den entsprechenden Abschnitt des erwachsenen Kiefers, so decken sich beide nahezu. (Abb. 4, Taf. I.)

Genauere Untersuchung ergibt, daß die Schenkel des Alveolarbogens Erwachsener gegenüber Neugeborenen ein wenig aufgebogen sind, und zwar im Oberkiefer etwas mehr als im Unterkiefer.

Mißt man die Länge des Bogens von der Medianebene bis zum hinteren Rand der Alveole des zweiten Prämolaren und bis zu dem des zweiten Milchmolaren des Neugeborenen, so weichen beide Maße unbeträchtlich ab, der Unterschied beträgt etwa 2 mm. Der Raum, den die Prämolaren gegenüber den Milchmolaren beanspruchen, ist um fast ebensoviel kürzer, als beim Erwachsenen der Raum größer wird, den die bleibenden Vorderzähne gegenüber den Milchschneidezähnen und den Milcheckzähnen einnehmen.

Die Verbreiterung, die der Kiefer vom Neugeborenen zum Erwachsenen erfährt, ist, abgesehen von periostaler Oberflächenauflagerung, darauf zurückzuführen, daß der Kiefer in der Richtung der auseinanderweichenden Bogenschenkel verlängert wird.

Für den Unterkiefer ist in Betracht zu ziehen, daß der Kieferast mit dem Gelenkfortsatz und dem Krähenschnabelfortsatz (Proc. coronoideus) die Fortsetzung des lateralen Blattes der Kieferanlage darstellt, das mediale Blatt endigt in der Linie der Lingula. Dies erklärt die starke Breite des erwachsenen Kiefers in den hinteren Abschnitten und die Tatsache, daß beim Erwachsenen in den hinteren Abschnitten der Basalteil des Kieferkörpers vom Alveolarteil stark lateral ausweicht. Hierbei darf der im vorigen Abschnitt betonte Faktor nicht übersehen werden, der darin gegeben ist, daß pulsierend wachsende Organe sich bildenden trajektoriellen Knochenmassen durch Knochenresorption ausweichen.

Längenwachstum der Kiefer.

Kieferverlängerung beruht beim Unterkiefer auf zwei Momenten.

Erstens verlängert sich der Kieferast dadurch, daß dem dicken Gelenkknorpel eine wichtige Rolle zufällt (Kölliker). Toldt (Zeitschr. f. Heilk., Bd. 5, 1884) hat darauf aufmerksam gemacht, daß ein rauher, poröser Knochenstreif, der, zwischen Kieferwurzel und Proc. coronoideus gelegen, vom hinteren Ende der lateralen Anlageplatte des Kiefers zum Gelenkkopf zieht, den Weg angibt, den der Gelenkkopfknorpel beim Wachstum des Gelenkfortsatzes zurückgelegt hat.

Zweitens findet an der hinteren Kante des Kieferastes Knochenanbildung, im Vorderrande des Proc. coronoideus Abbau statt.

Durch die Resorption am Vorderrande des Krähenschnabelfortsatzes wird bewirkt, daß die Alveolen der unteren Molaren, die nacheinander in der Wurzel des Fortsatzes angelegt werden, unter Verlängerung des Proc. alveolaris frei werden, ein Vorgang, der mißverständlich als »Wanderung der Zähne nach vorn« benannt wird. Von einem Wandern der Zähne ist selbstverständlich keine Rede, Knochenresorption modelliert den Alveolarfortsatz im Bereich der Molaren aus dem Kieferast heraus, während durch Anbau am Hinterrand des Astes die allgemeinen Formverhältnisse gewahrt bleiben und charakteristische sekundäre Umgestaltung Platz greift.

Die Abb. 8—13, Taf. I geben die wichtigsten Altersstufen des Unterkiefers vom Neugeborenen bis zum Erwachsenen wieder. Die Kiefer sind auf den ersten Molaren eingestellt, um die Verlängerung des Kiefers zu verdeutlichen. Die Linea obliqua externa besitzt beim Neugeborenen und Erwachsenen eine verschiedene Lage am Kiefer. Beim Neugeborenen liegt sie neben dem ersten Molaren, beim Erwachsenen zieht sie neben dem dritten Molaren in die Höhe. Sie ist mitsamt dem Vorderrande des Proc. coronoideus durch Resorption um gut zwei Molarenkronenlängen rückwärts verschoben worden. Sie ist durch Zugwirkung des Musc. temporalis modelliert, wie überhaupt der Anbau vorn, der Abbau hinten und die besonderen Formen des Kieferastes auf Beanspruchung durch die Kaumuskulatur entstehen. Unterschiede in Stärke und Angriffsrichtung der Muskeln bewirken Sondererscheinungen, die als individuelle Variationen beim Menschen zahlreich sind. Form des Schädels, Beziehung zwischen Gehirnschädel und Gesichtsschädel gewinnen durch die am Gehirnschädel entspringende Muskulatur Einfluß auf die Form des Unterkiefers. Wir können Toldt nicht beipflichten, wenn er (p. 13) sagt: »Nach allem ist die Linea obliqua des Unterkiefers nichts anderes als der ehemalige vordere Rand des Kronenfortsatzes, welcher im Laufe des Wachstums mehr und mehr in den Körper einbezogen und von späteren Knochenauflagerungen bis zu einem gewissen Grade überdeckt wird.«

Durch die Kieferverlängerung im Unterkiefer, die der Anlage der Molaren vorangeht, ist den Molaren das erforderliche Entwicklungsbett im Übermaß zur Verfügung gestellt; am Boden des Proc. coronoideus sich entwickelnd, liegen sie anfänglich derart geneigt, daß die Kaufläche wenig nach vorn sieht. Sie machen daher im Laufe der Entwicklung nur eine schwache Drehung um eine Querachse durch, die vor dem Zahn verläuft.

Anders im Oberkiefer. In diesem werden den sich entwickelnden Molaren nur langsam und nachschleppend die zu ihrer Aufnahme nötigen Knochenmassen geliefert; die rückwärts auswachsende Zahnleiste findet in gerader Richtung keine Knochenmassen vor, sie wächst daher im Bogen aufwärts. Die Molaren gelangen nacheinander in der Gegend zur Entwicklung, die beim erwachsenen Schädel als Tuber maxillare bezeichnet wird. Die Kaufläche der Zahnkeime sieht in dieser Zeit nach hinten, jeder Molar macht also im Laufe seiner Entwicklung eine Drehung um fast 90 Grad durch. Diese kommt gleichzeitig mit und durch das Auswachsen des Kiefers

nach hinten und seine Höhenzunahme zustande. Die Drehung der Molaren des Unterkiefers und Oberkiefers findet im gleichen Sinn statt, nämlich von oben über hinten nach unten. Abb. 1, Taf. I zeigt die Lage des zweiten Molaren im Tuber maxillare und die Richtung der Kaufläche vor beginnendem Durchbruch.

Die Lageveränderungen der Molaren werden durch Umbau des Kieferkörpers, der auf Beanspruchung basiert, hervorgerufen. Bei der wachsenden Beanspruchung des Oberkiefers, direkt und indirekt (Kauen), durch die Muskulatur und durch Beanspruchung, die in den Beziehungen zum Gesamtschädel gegeben sind, vergrößert sich der Oberkieferknochen nach allen Richtungen. Hierdurch tritt im Innern des Körpers Entlastung mit folgender Resorption ein; die Kieferhöhle entsteht. Die Beanspruchungsbahnen werden immer mehr auf die Peripherie verdrängt und bewirken im hinteren auswachsenden Abschnitt die Drehung der Molaren in die Kauebene.

Höhenwachstum der Kiefer.

Am auffallendsten sind die Veränderungen, welche die Kiefer in der Höhenausdehnung erfahren; hier springen nicht nur die Formunterschiede vom Neugeborenen zum Erwachsenen in die Augen, die Abänderungen des Greisenkiefers kommen hinzu.

Der Unterkiefer des Neugeborenen besteht der Hauptsache nach aus Alveolarfortsatz (Abb. 8, Taf. I), zum kleinsten Teil aus der Kieferbasis. Beim Erwachsenen (Abb. 13) sind beide Abschnitte an der Höhe des Kiefers etwa gleich beteiligt, beim Greis besteht der Kieferkörper im Gegensatz zum Neugeborenen der Hauptsache nach aus dem basalen Abschnitt, mit dem physiologischen Ausfall der Zähne hat sich der Alveolarfortsatz zurückgebildet (Abb. 14).

Auch am Oberkiefer geht die Ausbildung des ursprünglich unscheinbaren flachen Körpers erst im Kindesalter vor sich; der Alveolarfortsatz, das Bett der Zahnkeime, ist vorgeschrittener als der Basalteil. Man drückt sich gewöhnlich so aus, daß der Kieferkörper erst in der Zeit entsteht, in der sich der Alveolarfortsatz an Höhe verdoppelt.

Das Kieferwachstum ist dadurch unklar dargestellt worden, daß man den, im Wachstum immer schärfer hervortretenden Gegensatz zwischen Alveolarfortsatz und Basalteil, die ohne deutlich markierte Grenze ineinander übergehen, zu scharf in der Absicht betont, das Höhenwachstum der Kiefer

auf ein einfaches Schema zu bringen. Man suchte nach einer festen Grenze von der aus Messungen zur Klarlegung der Wachstumsverhältnisse ausgeführt werden können, und legt den Canalis mandibularis zugrunde. Hierbei entsteht die Vorstellung, daß von der Gegend des Unterkieferkanals aus einerseits der Basalteil, anderseits der Alveolarfortsatz in entgegengesetzter Richtung auswachsen.

Auf Grund dieser Betrachtungsweise wurde angenommen, das Niveau der bleibenden Zähne stehe im Oberkiefer tiefer, im Unterkiefer höher als das der Milchzähne. Verwiesen sei auf die Auseinandersetzungen von Tomes-Holländer S. 145 (Die Anatomie der Zähne des Menschen und der Wirbeltiere. Berlin. Hirschwald 1877).

Unschwer ist zu beweisen, daß diese Vorstellung den wirklichen Verhältnissen nicht entspricht.

Der erste Molar funktioniert lange Zeit gemeinsam mit dem Milchgebiß, die Ersatzzähne erreichen mit ihrer Kaufläche nur die Höhe des ersten Molaren.

Im Oberkiefer werden die Wurzeln der Molaren von der Kieferhöhle nur durch eine ganz schwache Knochenplatte getrennt, sie können sogar mit ihren Enden in die Kieferhöhle hineinragen und nur von Kieferhöhlenperiost bedeckt sein. Die Alveolen haben sich also auf Kosten des Kieferkörpers ausgedehnt, der Alveolarteil hat die Höhe des Kieferkörpers in seinem Bereich in sich einbezogen. Im Unterkiefer vertiefen sich die Alveolen ebenfalls auf Kosten des Basalteils, und der Mandibularkanal wandert immer tiefer in den Basalteil hinein und zwar in seine bei dem stetigen Oberflächenanbau unbeanspruchten und durch Resorption aufgelockerten zentralen Massen. Der Zahndurchbruch erfolgt unter Resorption am freien Rande des Alveolarteils, worüber im nächsten Abschnitt noch eingehender berichtet wird.

Falsch wäre anzunehmen, der Ersatzzahn steige stärker aus dem Kiefer heraus als der entsprechende Milchzahn.

Gewiß vergrößert sich der Alveolarteil auch durch äußeren Anbau, unrichtig ist aber, hierin den einzigen oder gar den hauptsächlichsten Faktor für die Vergrößerung des Alveolarteils zu erblicken. Nachweislich erhöht sich der Alveolarteil im Ober- und Unterkiefer auf Kosten des Basalteils.

Wenn sich trotzdem die Kauebene vom Boden der Augenhöhle entfernt, so wird dies dadurch hervorgerufen, daß im Oberkiefer der Kieferkörper, im Unterkiefer der Kieferast sich erhöht.

Einfluß der Resorption am Alveolarteil auf die Kiefergestaltung.

Schon aus der schematischen Darstellung der Vorgänge beim Zahndurchbruch (Textfig. 1), die auf den Unterkiefer gemünzt sind, geht hervor, daß zweifache Resorption, welcher der freie Teil des Alveolarabschnittes beim Durchbruch der beiden Zahngenerationen unterliegt, dazu beiträgt, den Unterkieferast zu erhöhen.

Abb. 3, Taf. I zeigt den Schädel eines acht Monate alten Kindes. Die Schneidezähne sind durchgebrochen. Klar ersichtlich ist, daß die Kaufläche der Zähne die Ebene des Alveolarrandes kaum merklich überragt, daß dagegen die Zahnkrone der Hauptsache nach aus dem Kieferknochen frei wurde, weil der sie bedeckende Knochen resorbiert ist.

Abb. 2, Taf. I gibt die Seitenansicht des Schädels eines 13 Jahre alten Knaben; die Resorption am freien Kieferrand ist in der Gegend der durchbrechenden Ersatzzähne (erster oberer und unterer Prämolar) deutlich.

Die Resorptionserscheinung ist aber am freien Rand des Alveolarteils eine allgemeine, denn die Wurzeln der zweiten Milchmolaren sind z. T. freigelegt. Der Hals der zweiten Milchmolaren entspricht der halben Höhe der Krone der ersten Molaren, der Hals der Milcheckzähne der halben Höhe der Krone der Ersatzschneidezähne.

Der erste Molar und die Ersatzzähne steigen also nur bis zur Höhe der abgenutzten Kaufläche der Milchzähne aus dem Kiefer heraus, der größere Kronenteil wird durch Kieferresorption freigelegt.

Auch an den durchbrechenden zweiten Molaren findet Resorption des freien Randes des Alveolarteils statt.

Im Oberkiefer wird der Schwund des Alveolarteils durch Einbeziehung von Teilen des Körpers in den Alveolarteil kompensiert. Zugleich bewirkt das allgemeine stark einsetzende Wachstum des Kieferkörpers Entfernung der Kauebene vom Boden der Augenhöhle trotz der stattfindenden Resorption am Alveolarteil.

Am Unterkiefer trägt die Resorption am Alveolarteil dazu bei, den Astteil zu erhöhen.

Beim Fet von 7 Monaten liegt die Gelenkfläche für den Unterkiefer noch unterhalb der Ebene, die durch den freien Rand des Alveolarteils geht; eine Ebene, die durch die Jochbogen gelegt wird, schneidet die Alveolarebene von unten hinten nach vorn oben.

Beim Neugeborenen liegt die Gelenkfläche für den Unterkiefer etwa in der Alveolarebene, die Jochbogenebene steht annähernd parallel zur Alveolarebene. Beim Erwachsenen findet man die Gelenkfläche für den Unterkiefer weit über der Alveolarebene gelegen, und die Jochbogenebene schneidet die Alveolarebene von hinten oben nach vorn unten.

Diese Verhältnisse erläutern am besten die gegenseitige Beziehung von Oberkiefer und Unterkiefer in ihren Wachstumsverhältnissen. Um so viel, als der Oberkiefer an Höhe gewinnt, erhöht sich die Entfernung des Gelenkkopfes des Unterkiefers von der Ebene, die durch den freien Alveolarrand des Unterkiefers gelegt wird. An der Erhöhung des Unterkieferastes sind zwei Faktoren beteiligt: Wachstum des Kieferastes in die Länge und Resorption am freien Rand des Alveolarteils. Die klargelegten Differenzen beim Fet, dem Neugeborenen und dem Erwachsenen in den Beziehungen des Jochbogens und der Gelenkpfanne für den Unterkiefer am Schädel, die kausal auf Wachstumsunterschiede zwischen Gehirn- und Gesichtsschädel beruhen, geben zugleich das Verständnis für Ortsveränderungen im Ursprung und für Abänderung der Richtung der Kaumuskeln. Aus diesen Verhältnissen lassen sich Faktoren ableiten, denen Gestaltung und Wachstum der Kiefer untersteht, — abgesehen natürlich von den Faktoren der Vererbung.

Erwähnt ist schon, daß Lippen-, Wangen-, Zungen- und Kaudruck auf die Stellung der Zähne im Gebiß regulierend einwirkt.

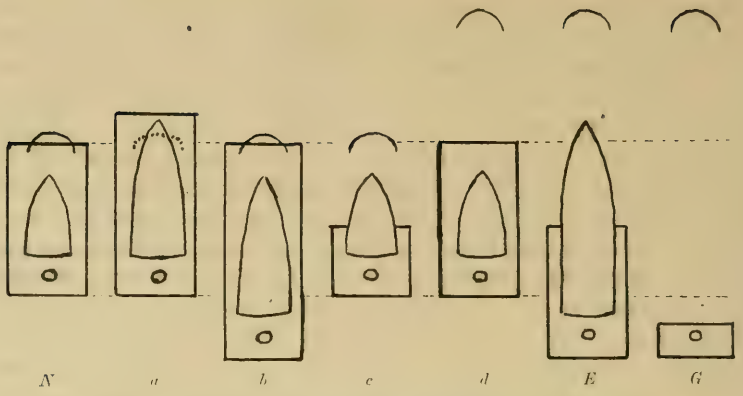
Die Gesamtheit aller dieser Faktoren ergeben in ihrer Einwirkung die harmonischen Beziehungen zwischen Oberkiefer und Unterkiefer, die wir im Gebiß bewundern und die nicht zum wenigsten an der teleologischen Auffassung schuld sind, das Gebiß sei »zum Zweck« der Nahrungsergreifung und Zerkleinerung entstanden.

Schematische Darstellung der Wachstumsverhältnisse am Kiefer.

Beim Wachstum der Kiefer ist also zu beachten: Erhöhung des Alveolarteils und des Basalteils durch äußeren Anbau, teilweise Einbeziehung des Basalteils in den Alveolarteil und Resorption am freien Rande des Alveolarteils.

Textfig. 2 *A* soll etwa die Verhältnisse beim Neugeborenen schematisch darstellen, der Basalteil ist nur schwach entwickelt.

Textfig. 2 *E* veranschaulicht die Verhältnisse des Erwachsenen; der Zahn ist durchgebrochen, der Basalteil ist erhöht, die Grenze zwischen Alveolarteil und Basalteil hat sich verschoben.



Textfigur 2. Schematische Darstellung der Wachstumsverhältnisse am Kiefer.
Viereck = Kieferkörper; Halbkreis = Condylus mandibulae; Kreis = Canalis mandibularis.
Die einzelnen Figuren sollen einen Frontalschnitt durch den Kieferkörper darstellen, der eingezeichnete Halbkreis gibt die Lage des Condylus zum Kieferkörper an.
Das Ausgangsstadium *N* entspricht dem Neugeborenen.
a, *b*, *c*, *d* sollen die Wachstumsvorgänge einzeln darstellen: *a* Erhöhung des Alveolarteils mit Vergrößerung der Zahnkappe, *b* Erhöhung des Basalteils mit Tiefenwachstum des Zahnes, *c* Resorption am freien Rande des Alveolarteils, *d* Erhöhung des Kieferastes.
E stellt das Ergebnis der Einwirkung der Einzelerscheinungen *a*, *b*, *c*, *d* auf *N* dar. An der Erhöhung des Kieferastes ist Wachstum des Astes selbst und Resorption des freien Randes des Alveolarteils beteiligt.
G stellt den Kiefer des Greises dar, bei dem der Alveolarteil geschwunden ist.

Damit aus *A* der Zustand *E* wird, müssen die in den Figuren *a*, *b*, *c*, *d* dargestellten Einzelerscheinungen eintreten. Bei *a* ist der Alveolarteil erhöht und die Zahnkappe kronenwärts gewachsen. Bei *b* ist der Basalteil gewachsen und der Alveolarteil auf Kosten des Basalteils erhöht. Bei *c* ist die Wirkung der Resorption am freien Rande des Alveolarteils dargestellt. In *d* soll die Entfernung des den Condylus darstellenden Halbkreises vom Kiefer das Höhenwachstum des Kieferastes darstellen, soweit es auf Wachstum in der Gegend des Astes beruht.

Ersichtlich ist, daß das Höhenwachstum des Kieferastes auf zwei Faktoren beruht, erstens auf Wachstum des Kieferastes selbst, zweitens auf Erniedrigung des Alveolarteils durch Resorption seines freien Randes.

Angeschlossen ist in Textfig. 2 *G* das Greisenstadium, bei dem der ganze Alveolarteil resorbiert wird.

IV. Die Alveolenbildung und das Os sacculi dentis.

Die Zahnanlage besteht aus dem Schmelzkeim (= Schmelzorgan + Zahnpapille) und dem Zahnsäckchen.

Das Zahnsäckchen setzt sich aus Bindegewebe zusammen, das sich um den Schmelzkeim ordnet und eine Hülle bildet. Diese Hülle liefert das Grundgewebe für die Zementbildung, die Fasern, die den Aufhängeapparat des Zahns darstellen, und das Alveolarperiost.

Bei Größenzunahme der Zahnanlage bewirkt das Alveolarperiost Resorption des Kieferknochens. Später, wenn der Zahn fertiggestellt wird, bei der Wurzelbildung, wird die für den Zahn viel zu große Alveole durch Knochenanbau von seiten des Alveolarperiostes verkleinert.

Wenn behauptet wird, die Septa interalveolaria entstünden »nicht als Auflagerung, sondern in erster Linie als stehengebliebene, bei der Erweiterung des ganzen Raumes nicht der Resorption anheimgefallene Teile der knöchernen Wandung« (Wetzel, Lehrbuch der Anatomie für Zahnärzte, Jena, Fischer, 1914, S. 714—715), so trägt dies nur dem anscheinenden Geschehen beim Menschen Rechnung.

Beim Menschen gewinnt man allerdings den Eindruck, daß die Ränder der Septa interalveolaria aus dem Kieferknochen herausmodelliert würden. Noch am Ende des ersten Lebensjahres erscheinen die knöchernen Scheidewände unvollständig, das Septum besitzt stets in der Mitte ein Loch, das erst nachträglich zuwächst. Hierfür kann natürlich nur Knochenanbau von seiten des Alveolarperiostes in Anspruch genommen werden; aber auch der äußerste Rand des Interalveolarseptums entsteht vom Alveolarperiost aus.

Beim Neugeborenen stellt der Kiefer eine weite Rinne dar, in der die Zahnkeime liegen. Zugegeben, daß bei der im ersten Lebensjahr erfolgenden ganz minimalen Vergrößerung der Alveolen ein geringer Rand von Kieferknochen als Erhöhung am Boden und den Seitenwänden der Alveolarrinne bei der Resorption stehenbliebe, so ist doch das Alveolarseptum als Bildung des Alveolarperiostes zu betrachten.

Schon Morgenstern (Scheffs Handbuch) gibt an, daß im Alveolarzwischengewebe (also im ganzen Umfang des Zahnkeims), nachdem die Zahnkrone zum größten Teil ausgebildet ist, dem Verlauf von Blutgefäßen folgend, Knochenbälkchen auftauchen, die mit dem Kieferknochen in Verbindung treten und eine neue Alveolenwand aufbauen.

Diese Beobachtung ist für vergleichend-anatomische Betrachtungen sehr wichtig und nicht genügend gewürdigt. Beim Menschen verschmilzt zwar der vom Alveolarperiost gelieferte Knochen (ich bezeichne ihn als *Os sacculi dentis*) im Entstehen mit der medialen und lateralen Wand des Kieferknochens, bei vielen Tieren ist aber das Os sacculi noch bei Erwachsenen in der Umgebung der Zähne (Molaren) nachweisbar, über die hinweg sich der Kieferast nach hinten verlängert. Hierbei findet, wie schon hervorgehoben wurde, eine Drehung der Zahnkeime statt, es schiebt sich, sozusagen, der Kieferast an der Zahnanlage vorbei. Diese Bewegung gibt Veranlassung dazu, daß das Os sacculi, der vom Alveolarperiost gebildete Knochen, keine Verbindung mit dem Kieferknochen eingeht, daß er selbständig bleibt, bis diese Bewegung aufhört. Dann verschmilzt das Os sacculi mit dem Kieferknochen.

Selbständig bleibt das Os sacculi dentis daher bei den Tieren, bei denen durch exzessive Größenplusvariation der Molaren ihre Entwicklung stark verzögert wird, in Fällen, in denen die Zahnkeime weit nach hinten verlagert sind, und zwar in einer Entwicklungsperiode, in der das Längenwachstum des Kiefers noch nicht beendet ist.

Ich bilde den Unterkiefer eines jungen Rhinozeros mit Milchgebiß ab, bei dem das Os sacculi z. T. sichtbar ist. Am Eingang des Mandibularkanals sieht man das Os sacculi als selbständigen Knochen, den teilweise sichtbaren Zahnkeim flankierend die Alveole nach hinten abschließend (Abb. 69, Taf. IV). Das Os sacculi wird uns bei Elephas und Manatus noch näher zu beschäftigen haben; ich verweise hier auf die Abb. 55, 56, 57, auf Taf. IV von Elephas uud auf Abb. 54 Taf. IV von Manatus.

V. Funktionelle Unterschiede im Gebiß.

Am Gebiß verschiedener Tiere spielen sich Vorgänge ab, die oft anscheinend entsprechendes Geschehen darstellen, das lediglich quantitativ oder zeitlich abweichend auftritt. In anderen Fällen täuschen die gleichen Vorgänge verschiedenartiges Geschehen vor, obwohl nur abgeändertes, gleichartiges Geschehen vorliegt. Daher erscheint notwendig, die Faktoren zu analysieren, die physiologischerweise die Funktion des Zahnes beeinflussen.

Die Differenzierungshypothese.

Heute wird die Wissenschaft noch fast uneingeschränkt von den Lehren der Differenzierungshypothese beherrscht, die aussagt, die Beanspruchung des Kieferapparates durch verschiedene Qualität der Nahrung habe die Ursache für die Abänderung der Zahnform abgegeben, die Zahnform sei die unmittelbare Folge des Reizes, welchen das Kaugeschäft auf das Relief des Zahnes ausübt.

Die Hypothese stützt sich auf die Lehre von der funktionellen Anpassung. Vorbedingung für funktionelle Anpassung eines Organs nun ist das Vorhandensein reaktionsfähiger Zellen, die einen Reiz aufnehmen und auf ihn zu antworten befähigt sind.

Diese Vorbedingung ist beim Zahn nicht erfüllt, da der Schmelz, schon ehe der Zahn durchbricht, also lange, ehe er zu funktionieren beginnt, ein zellenloses Gebilde darstellt. Die Zahnkrone ist von starrer Schmelzmasse überzogen, die nicht befähigt ist, auf einen Reiz durch Formabänderung zu antworten. Zweifellos wird aber die Form der Zahnkrone von den Schmelzzellen in erster Linie bestimmt.

Als einzige Stütze dient der Differenzierungshypothese die in der Tat zum Teil bestehende Beziehung zwischen Zahnform und Qualität der Nahrung, die Bevorzugung z. B. der Pflanzenkost bei schmelzfaltigen Zähnen; doch sind auch die Ausnahmen sehr zahlreich, eine Tatsache, die übersehen wird!

Diese von den Anhängern der Hypothese immer wieder betonte Stütze ist aber völlig nichtssagend, weil die Beziehung zwischen Funktion und Gestalt der Zähne über die kausale Entstehung der Form überhaupt gar nichts auszusagen imstande ist.

Man ist weit eher aus der bestehenden Beziehung zu folgern berechtigt, die spezielle Funktion (Kieferbewegung) sei die Folge der Form, als umgekehrt: die Gestaltung sei die Folge der Funktion. Das Gleiche gilt in der Frage, ob die Nahrungsqualität die Form der Zähne oder die Zahnform die Qualität der Nahrung bestimmte.

Entspricht der Nahrungsqualität durchaus nicht immer die zu postulierende Zahnform, so entspricht auch der besonderen Funktionsweise des Gebisses nicht immer die Zahnform. Die Differenzierungshypothese behauptet z. B., die Bewegungsrichtung der Kiefer bestimme die Richtung der Schmelzfalten der Zähne, diese stünden senkrecht zur Bewegungsrichtung der Kiefer. Beim Hasen, Kaninchen und Tapir u. a. ist dies nicht der Fall, die Schmelzfalten liegen in Bewegungsrichtung der Kiefer.

Die modernen Anhänger der Differenzierungshypothese denken auch an eine indirekte Wirkung der Ernährung auf die Zellen des Zahnkeims durch Abänderung der Körpersäfte bei Nahrungswechsel.

Für diese Möglichkeit müßte die Paläontologie das Beweismaterial erbringen. Bei Nahrungswechsel müßten Tiere, deren Gebiß nicht allzusehr spezialisiert, also noch reaktionsfähig ist, regelmäßig entsprechende Abänderungen aufweisen. Das ist nicht der Fall. Steppen- und Waldformen zeigen z. B. oft morphologische Unterschiede, während das Gebiß unverändert bleibt. Bei Bisonten z. B., die rezent und diluvial in Wäldern und Steppen vorkommen, fehlt den Steppenformen die zu erwartende Plizidentie. Auch Esel und Halbesel zeigen keine Schmelzfältelung, obwohl sie ausgesprochene Wüsten- und Steppentiere sind, dagegen zeigt unter den Wildpferden gerade eine Waldform (Equus Taubachensis Freudemberg) mehr Schmelzfältelung als manche Steppenformen der Pferde. (Mitt. der Großherzogl. Bad. Geol. Landesanst. Bd. IX 1914 [Soergel] und Abhandl. der Großherzogl. Hess. Landesanstalt Bd. VII [v. Reichenau] 1915.)

Die verschiedene Qualität der Nahrung und die Richtung der Kieferbewegung steht zur Zahnform nur insofern in Beziehung, als durch sie die Abnutzung des Zahns beeinflußt wird. Besonders bei dauernd wachsenden Zähnen wird die sekundär, nach Abnutzung der Krone entstehende Form der Zahnspitze durch diesen Faktor bestimmt (einfacher Meißel bei Nagezähnen, zweiseitig zugeschärfter Meißel bei den mit zwei Gegenzähnen funktionierenden Backzähnen der Faultiere usw.).

Diese Zahnformen haben aber als Abnutzungserscheinungen keine Bedeutung für das Problem der Entstehung der Zahnform.

Bei diesem Problem haben wir die Abänderung der Zahngröße und die Abänderung der Zahnform zu unterscheiden.

Entstehung der Zahngröße und ihr Einfluß auf den Kiefer und umgekehrt, sowie gegenseitige Beeinflussung der Zähne bei Größenvariationen.

Die Zahngröße kann durch Faktoren beeinflußt werden, die im Zahn selbst oder außerhalb gelegen sind.

Vergrößerung und Verkleinerung bis Schwund sehen wir oft aufsteigend in einer Tierreihe und innerhalb der Zahnreihe eines Tieres auftreten.

Eine gleichartig alle den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe treffende Variation im Sinne gesteigerter oder verminderter Wachstumstendenz bedingt Plus- und Minusvariation der Zahngröße. Durch diesen Faktor kann z. B. die sekundäre Entstehung sogenannter dauernd wachsender Zähne veranlaßt sein, bei denen in extremen Fällen eine Wurzelbildung unterbleibt.

Enorme Größenzunahme der Zähne ohne spezielle Formabänderung zeigt z. B. sehr hervorstechend Metacordylodon Schlosseri an den Prämolaren, die auf balkonartig vorspringenden Pilastern sitzen.

Stets ist die Folge einer Zahnvergrößerung Abänderung der Gestalt des Kiefers infolge der stärkeren Belastung und Beanspruchung.

In anderen Fällen dominiert der Kiefer und beeinflußt die Zahngröße. Dies beobachtet man am deutlichsten in der Form einer Abnahme der Zahngröße durch Beeinflussung der Zahnkeime von seiten der Umgebung. Behinderung der Entwicklung durch Raumbeengung oder Bodenentziehung führt zu Zahnverkleinerung. Auf diesem Faktor beruht z. B. die Reduktion des letzten Molaren.

Nachweisen läßt sich auch, daß bei Größenzunahme eines Zahnes Nachbarzähne abgeändert werden. Deutlich tritt dies in der Beeinflussung des Ersatzgebisses durch das Milchgebiß zutage. Die Zahnkeime der Prämolaren entwickeln sich zwischen den Wurzeln der Milchmolaren; eingeengt in den von diesen bestimmten Raumverhältnissen zeigen sie die Erscheinungen der Reduktion. Vergrößert sich ein Zahn exzessiv, so paßt sich der Kiefer unter der vermehrten Belastung und Beanspruchung an; hierdurch werden die Beanspruchungsbahnen des Unterkiefers abgeändert, der Verlauf der Trajektorien wird ein anderer. Der Alveolarteil wird bei eintretender Höhenzunahme des Kiefers weniger, an seinen freien Rändern oft gar nicht mehr beansprucht; die Folge ist Abbau nicht beanspruchter Partien, mit denen ganze Abschnitte der Zahnleiste oder Zahnanlagen früher oder später in Wegfall kommen. Auf diese Faktoren dürfte der Verlust aller oder der größten Zahl der Nagetierprämolaren bei exzessiver Vergrößerung der Nagezähne zurückzuführen sein. Auch exzessive Vergrößerung der Molaren führt zu konsekutivem Zahnverlust, worauf in dieser Arbeit noch zurückzukommen ist.

Nicht nur der Kiefer beeinflußt die Zahngröße und umgekehrt die Zahngröße den Kiefer, nicht nur gegenseitige Beeinflussung der Zähne finden

wir, auch Spezialisierung des Integuments kann die Zahngröße herabsetzen, ja zu Zahnverlust führen. Bringt das Integument z. B. hornige Belegplatten der Kiefer hervor, so kann die Entwicklung der darunter entstehenden Zahnkeime behindert oder unterdrückt werden. Bei Echidna ist unter der Hornbekleidung der Kiefer die Zahnleiste mit Zahnanlagen nachgewiesen. Bei Ornithorhynchus gelangen Zähne zur Entwicklung und Funktion, werden aber abgeworfen, indem die sich bildenden Hornplatten die Wurzeln einengen und zur Resorption bringen. Dies geschieht in einer Zeit, in der die Tiere etwa ein Drittel ihrer Größe erreicht haben. Auch bei Sirenen ist nachweisbar, daß durch das Wachstum von Kieferplatten Zähne aus dem Gebiß ausgestoßen werden, worauf noch einzugehen ist (vgl. Abschnitt IX S. 85). Die Sirenen geben aber auch gute Beispiele für die Unterdrückung der Zahnentwicklung durch die Hornplattenbildung. Ich verweise hier nur auf die Abbildung 75 Taf. V, Unterkiefer von Manatus inunguis. Die Alveolen der an der Entwicklung gehinderten Zähne sind sichtbar. Das Nähere findet sich im Abschnitt IX S. 85.

Sind Fälle in Fülle vorhanden, die eine Verkleinerung des Zahns durch Einwirkung der Umgebung auf den Zahnkeim illustrieren, so fehlen anscheinend Beispiele dafür, daß günstige Raumverhältnisse der Umgebung auf den Zahnkeim vergrößernd einwirken. Dies darf nicht überraschen; sind doch die Kieferzähne in Größe und Form erblich fixiert. In räumlich ungünstigen Bedingungen wird ohne Rücksicht auf erbliche Fixierung die Entwicklung behindert; werden für einen Zahnkeim aber die räumlichen Verhältnisse günstiger, so muß und kann nicht Zahnvergrößerung ohne weiteres die Folge sein, ein zweiter Faktor muß hinzutreten: Plusvariation der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe.

Anders bei Zähnen, deren Größe erblich noch nicht festgelegt ist, wie z. B. bei den Zähnen an den Flossenstacheln der Fische; hier läßt sich nachweisen, daß günstigere Raumverhältnisse zu Zahnvergrößerung führen. (Vgl. Aichel, Das Problem der Entstehung der Zahnform. Arch. f. Anat. u. Phys. 1915 S. 113 Suppl.)

Am Gebiß beobachten wir, daß, abgesehen von der Vergrößerung der Eckzähne unter dem Einfluß der inneren Sekretion der Geschlechtsdrüsen, konstant die Eckzähne durch besondere Größe in den Fällen charakterisiert sind, in denen der zur Verfügung stehende Raum »an der Ecke« günstige Verhältnisse bietet, was um so mehr der Fall ist, je stärker die Eckzähne

mit ihrer Längsachse in der Wurzelrichtung konvergieren. Die Größe der Eckzähne gegenüber den Nachbarzähnen stellt daher vielleicht ein sehr altes Merkmal dar, das in einer Zeit fixiert wurde, in der die Zahngröße erblich noch nicht bestimmt war, in einer Zeit, in der Kieferformen entstanden.

Entstehung der Zahnform und ihr Einfluß auf die Funktion.

Die Funktion des Zahnes ist abgesehen von der Größe auch von der Form abhängig.

Wie die Größenzunahme bei erblich fixierten Kieferzähnen nur möglich ist, wenn durch Variation die den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe gleichartig vermehrt werden, so ist eine Formabänderung nur möglich, wenn durch Variation eine ungleiche Vermehrung oder Verminderung der Zahnkeimgewebe oder eine quantitative oder qualitative Abänderung in der Produktion der Hartsubstanzen einsetzt.

Die Einwirkung dieser Faktoren auf die Entstehung von Zähnen mit glattem oder rauhem Schmelz, auf die Entstehung von Höckerzähnen und Faltenzähnen, auf die Umwandlung des brachyodonten Zahns in den hypselodonten usw. habe ich im Arch. f. Anat. u. Phys. 1915 Suppl. und in der Zeitschr. f. Anat. u. Morph. 1917 eingehend dargelegt.

Auf Grund des Geschehens an Flossenstacheln, deren Zähne typischerweise kegelförmig und erblich in Form und Größe nicht fixiert sind, habe ich angenommen, daß auch im Kiefer, wie nachweislich an Flossenstacheln, in einer Zeit, in der erbliche Fixierung noch nicht eingetreten war, einfache Kegelzähne unter Abänderung der Kiefer in Höckerzähne sich unmittelbar umbilden konnten, und zwar unter mechanischen Einwirkungen der Umgebung auf den Zahnkeim (Arch. f. Anat. 1915 Suppl.),

Ich gelangte zur Aufstellung folgender Perioden der phylogenetischen Zahnentwicklung, die zur Charakterisierung der Faktoren dienen sollen; die zweite und dritte Periode sind auch zeitlich in vielen Fällen getrennt, eine gleichzeitige Wirkung ihrer Faktoren muß allerdings als möglich angenommen werden.

I. Periode: Entstehung des einfachen Kegelzahns. Die Hautpapille wandelt sich in einen Zahn um, d. h. das Epithel und das Bindegewebe der Hautpapille erwarben die Fähigkeit, Hartsubstanzen zu produzieren (Hautzähne der Haifische). Die Zahnanlage wurde weiterhin selbständig, sie wurde aus der Umgebung frei, löste sich vom Epithel ab. Der primi-

tive Zahn behielt die Form der Hautpapille bei, er mußte Kegelform besitzen.

II. Periode: Entstehung primärer Höckerzähne mit verschiedener Höckerzahl unmittelbar aus den Zahnkeimen einfacher Kegelzähne ohne Zwischenstufen der Entwicklung, wie sie die Differenzierungshypothese in Gestalt des trikonodonten und trituberkulären Zahns als Übergangsstufen zum multituberkulären Zahn postuliert, und zwar durch mechanische Einflüsse der Umgebung auf den Zahnkeim.

III. Periode: Umwandlung der primären Höckerzähne durch Reduktion einerseits, Höckerneuerwerb und Faltung anderseits. Diese Umwandlungen beruhen auf lokaler Abänderung der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe. Gleichmäßige Vermehrung der Wachstumstendenz an allen den Zahn zusammensetzenden Geweben erzeugt größere Zähne ohne Abänderung der Form.

Die Untersuchungen führten mich zur Negation des bis dahin allgemein angenommenen Satzes: die verschiedenen Zahnformen seien in Anpassung an die verschiedene Qualität der Nahrung entstanden.

Die Erkenntnis, daß mechanische Einflüsse der Umgebung der Zahnkeime und Variationsfähigkeit der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe Entstehung neuer Zahnformen bedingen, drängte zu dem Satz: Nicht die Nahrung beeinflußte die Zahnform, sondern die Zahnform die Wahl der Nahrung.

Sind wir einerseits in der Lage mechanischen Faktoren in Ursprung und Wirkung nachzugehen, so verliert sich anderseits der Weg, der Klarheit über die Ursache der Variation der Zellen geben kann; wir beobachten in der ontogenetischen und in der phylogenetischen Entwicklung Vorgänge, die auf Zellvariation beruhen; warum aber eine Zellart oder ein Komplex von Zellen an einem bestimmten Ort beginnt sich zu vermehren und zur Organbildung oder zur Organabänderung führt, wissen wir zur Zeit nicht; auch die Ursachen für Zellvariationen, die zur Abänderung der Zahnform führen, werden zunächst noch unbekannt bleiben.

Begreiflich ist, daß Abänderungen, die in der phylogenetischen Entwicklung erschlossen werden, auf Wirkung äußerer Faktoren bezogen werden; tatsächlich liegt der Fall meist umgekehrt, daß die auf Zellvariation beruhende Abänderung auch eine Abänderung im Verhalten zur Umgebung bedingt. Das ist auch beim Zahn der Fall.

Größe, Form und die der Kürze halber in die Form einbezogene Struktur des Zahnes haben selbstverständlich einen Einfluß auf Art und Dauer seiner Funktion.

Zeitliche Unterschiede in der Funktion der Zähne.

Die Funktion des Gebisses ist ferner von dem zeitlich verschiedenen Auftreten der Zähne abhängig.

Hier kommt der Zahnwechsel und die Funktionsfolge der Zähne einer jeden Zahngeneration in Betracht. Auf deren Bedeutung für die Funktionsdauer des Gebisses bei Elephas und Manatus ist noch besonders einzugehen. Die Entstehung des Zahnwechsels können wir als für unsere Betrachtungen unwesentlich bei Seite lassen, auch wissen wir tatsächlich darüber garnichts, nur ganz Hypothetisches ist auf dem Gebiet zu erörtern.

Der ontogenetische Funktionsbeginn eines Zahnes wird bestimmt durch den Beginn und die Intensität der Entwicklung des Zahnkeims. Die Funktionsdauer des Zahnes hängt zunächst von den bereits besprochenen Faktoren ab, die in Zahngröße, Zahnform und Struktur gegeben sind.

Ausreichende Untersuchungen liegen nicht vor, inwieweit Zähne Funktionsfähigkeit bis zum physiologischen Tod des Tieres besitzen können; sterben und starben doch die meisten Tiere nicht eines physiologischen Alterstodes.

Zweifellos würde die Tatsache, daß bei einem Tier die Zähne bis zum physiologischen Tod funktionsfähig bleiben, ein Moment abgeben, das die Dauerfähigkeit einer Art begünstigen würde.

Werden die Zähne bei einem Tier frühzeitig außer Funktion gesetzt, fallen sie bei jungen Tieren aus, wird die Entwicklung unterdrückt, so können besonders günstige äußere Bedingungen (Ameisenfresser) oder Ersatzbildungen am Kiefer (Hornschnabel bei Ornithorhynchus, Hornplatten u. dergl.) die Art dennoch erhalten. Bei entsprechender Intelligenz (Homo sapiens senilis) wird ein Tier auch ohne Zähne und ohne Ersatzbildungen in ungünstigen äußeren Verhältnissen bestehen können. In einer Zeit, in der die Tierformen sich differenzierten, können Zahnformen entstanden sein, die frühzeitig abgenutzt wurden oder Zähne, die physiologischerweise früh ausfielen, ohne daß Ersatzzähne oder Ersatzbildungen an ihre Stelle traten. Solche Tiere mußten, da nicht dauerfähig, ausscheiden, abgesehen von Fällen, in denen die äußeren Bedingungen die

Existenz trotzdem ermöglichten. Auch heute finden wir noch Tiere, die zahnlos sind, und Tiere, deren Zähne vor Eintritt des physiologischen Todes ausfallen. An der Spitze dieser steht der Mensch mit seinem zahnlosen Greisenmund, den schon der Neandertaler besaß (La Chapelle aux Saints).

VI. Der physiologische Zahnausfall.

Die bei Domestikation regelmäßige und reichliche Nahrungszufuhr erhöht die Gelegenheit zu Zahnerkrankungen durch Begünstigung von Fäulnisprozessen; durch Domestikation oder Einwirkung anderer Faktoren eintretende konstitutionelle Abänderung führt ebenfalls zu Zahnerkrankungen bei Mensch und Tier und damit zu pathologischem Zahnausfall.

Falsch wäre aber zu behaupten, hierin liege der einzige Faktor für den Zahnausfall.

Pathologischer und physiologischer Zahnausfall bei Mensch und Tier.

Wie beim Menschen ist auch bei Tieren, wenn auch nicht im gleichen Maße, pathologischer Zahnausfall zu beobachten. Zahnkaries wurde schon bei Mastodon nachgewiesen; beim Höhlenbär soll die Erscheinung nicht selten sein. Häufiger wird Zahnausfall bei domestizierten Tieren gefunden, wenngleich unrichtig wäre, jeden Zahnausfall bei diesen als pathologisch zu betrachten, da nachweislich Zahnausfall eine physiologische Erscheinung darstellt.

Ist Karies oder eine andere Erkrankung des ausfallenden Zahnes oder der Alveole zu vermissen, so wird im allgemeinen, wie noch dargelegt werden soll, in Fällen, in denen der Zahnausfall nicht eine bestimmte Reihenfolge innehält, trotzdem daran festgehalten werden müssen, daß pathologische Ursachen vorliegen können. Allerdings ist der Nachweis einer bestimmten Reihenfolge im Ausfall der Zähne nicht immer, meist nur in den Fällen möglich, in denen der physiologische Ausfall der Zähne eine geraume Zeit vor dem physiologischen Tod beginnt. Die meisten Fälle, in denen die Zähne noch beim Tod voll funktionsfähig sind, scheiden für die Beurteilung der Frage des physiologischen Zahnausfallls überhaupt aus, weil bei höheren Tieren der physiologische Tod seltener ist als beim Menschen.

Physiologischer Ausfall der Zähne kommt bei Schweinen zur Beobachtung, wenn sie ein hohes Alter erreichen. Genügendes Material zu erhalten ist allerdings sehr schwer.

Abb. 5, Taf. I zeigt den Schädel eines sehr alten Wildschweines. Der postglaziale Schädel befindet sich im Mineralogischen Institut zu Kiel. Gefunden wurde er im Mergel bei der Steinschleuse von Süderstapel (zwischen Rendsburg und Husum) mehrere Meter unter NN. Rechterseits ist von den Backzähnen nur der letzte Molar vorhanden; der Alveolarfortsatz dieser Seite ist im übrigen völlig zurückgebildet, nur eine Alveole des Prämolaren, der dem Eckzahn am nächsten steht, ist als verwachsene Vertiefung nachweisbar. An der linken Seite ist M_3 ebenfalls vorhanden, die Alveolen von M_2, M_1 und P_2 sind völlig verwachsen und stark erniedrigt, vorhanden sind die Alveole von P_3 und P_4, doch auch hier ist starke Rückbildung nachweisbar.

In diesem Fall (Wildschwein) dürfte davon abgesehen werden, die Ursache für den Zahnausfall in pathologischen Einflüssen zu suchen. Die Ungleichheit auf beiden Seiten könnte allerdings Zweifel aufwerfen, ob der Ausfall als reine Alterserscheinung bei allen Zähnen zu betrachten ist. Die Begründung, warum eine Reihenfolge für den physiologischen Zahnausfall zu postulieren ist, ergibt sich erst nach Besprechung des Geschehens bei Elephas und Manatus; zugleich wird durch unsere Besprechung klargelegt werden, daß in manchen Fällen der Termin des physiologischen Zahnausfalls für manche Zähne im Gebiß so dicht zusammenliegen kann, daß Asymmetrien im Ausfall nicht immer gegen den physiologischen Ausfall zu verwerten sind. Zur Entscheidung und Sichtung der Fälle ist genaue Kenntnis der Entwicklungsfolge der Zähne, vor allem der Wurzeln, nötig. Kenntnisse hierüber fehlen uns aber nahezu ganz. Jedenfalls dürfte der mitgeteilte Fall von Zahnausfall beim Wildschwein von den Autoren trotz der vorhandenen Asymmetrie kaum als pathologisch betrachtet werden.

Beim Menschen liegen die Dinge schon eindeutiger. Mit individuellen Ausnahmen ist der Mund des Menschen von einem gewissen Alter ab zahnlos.

In der Literatur findet sich wohl eine Periode des Zahnausfalls verzeichnet, die der Periode des zahnlosen Greisenmundes vorangeht; die Ursache des Eintritts des Zahnausfalls wird aber in pathologischen Einwirkungen gesucht oder doch darauf zurückgeführt, daß der schlechte Erhaltungszustand der Zähne, die Abnutzung, die starke Inanspruchnahme, am Zahnverlust Schuld seien.

Nun ist zweifellos, daß Erkrankung der Zähne nicht so häufig ist, daß die allgemeine Erscheinung des zahnlosen Greisenmundes dadurch erklärt werden könnte.

Daß schlechter Erhaltungszustand oder Abnutzung des Zahnes zum Ausfall führen, ist eine Annahme, die widerlegbar ist. Wissen wir doch, daß schon im jugendlichen Alter die Zähne bis auf die Wurzeln abgekaut werden können (bei Bevorzugung gerösteten angekohlten Fleisches und bei Beimischung von Steinpulver zur Nahrung durch Benutzung von Mahlsteinen), ohne daß die Wurzeln deshalb ausgestoßen werden; diese Wurzeln pflegen zu einer Zeit auszufallen, in welcher der gesund gebliebene Zahn ausgefallen wäre.

Worin liegt der Grund hierfür?

Untersucht man gesunde Zähne in verschiedenen Altersstufen, so fällt auf, daß bei älteren Individuen die Wurzeln der Zähne häufig Wurzelresorption aufweisen.

Bei Durchsicht größeren Materials ist festzustellen, daß die Wurzelresorption unter den Molaren am ersten weit eher einsetzt als am zweiten und an diesem eher als am dritten. Bei Individuen von 33 Jahren aufwärts habe ich keinen Fall mehr gefunden, in dem die Wurzeln des ersten Molaren ohne Resorptionserscheinungen gewesen wären. Ich bin bemüht, größeres Material zu erhalten, das eine Feststellung des Beginns der Wurzelresorption für alle Zähne ermöglicht. Bei der Häufigkeit der Karies ist gesundes Material natürlich nur im Laufe der Zeit in größerem Umfang zu bekommen. Soviel kann ich aber jetzt schon behaupten, daß Wurzelresorption eine physiologische Erscheinung der menschlichen Zähne ist, daß durch sie der physiologische Zahnausfall eingeleitet wird.

Die Untersuchungen an Tieren werden die Tatsache klarlegen, daß die Wurzelresorption in der Reihenfolge, in der sie die Zähne ergreift, sich nicht an das Alter des Zahnes, nicht an seine Funktionsdauer hält, sondern daß die Zähne in der Reihenfolge der Resorption anheimfallen, in der ihr Wachstum, die Wurzelbildung also, vollendet wurde. Größere Wurzeln widerstehen der Resorption stärker als schwache Wurzeln; die Reihenfolge, in der die Wurzeln fertiggestellt wurden und in der die Resorption einsetzt, braucht also nicht in jedem Fall die Reihenfolge anzugeben, in der die Zähne ausfallen; in der Mehrzahl der Fälle aber, in denen physiologischer Zahnausfall nachweisbar ist, verhält es sich so.

Da frühzeitig durchbrechende Zähne meistens auch frühzeitiger die Wurzeln fertigstellen werden, wird in vielen Fällen der Zahnausfall mit der Reihenfolge des Zahndurchbruchs übereinstimmen. Das braucht aber nicht

der Fall zu sein, da andere Faktoren (z. B. Größe der Wurzel) den Zeitpunkt des Ausfalls variieren.

Der physiologische Zahnausfall wird durch Wurzelresorption eingeleitet; die Resorption kommt aber in Fällen zum Stillstand, verzögert sich, in denen die Fähigkeit zur Zementbildung lange bewahrt bleibt. Dies ist beim Menschen der Fall. Bekanntlich wechseln die Zähne im Gebiß durch verschiedene Ursachen ihre Stellung, durch Zementanlagerung werden sie immer wieder befestigt. Diese Fähigkeit der Zementproduktion verhindert anfänglich die Wurzelresorption. Wurzeln, deren Spitze völlig resorbiert ist, können durch Zement wieder umhüllt werden. Beide Prozesse liegen zeitweise im Streit, bis die Fähigkeit der Zementproduktion erlischt. Nunerst lockert sich die Befestigung des Zahnes; der Zahn wird wackelig, und der moderne Mensch läßt ihn vom Zahnarzt entfernen.

Die Autopsie ergibt die Erscheinung der Wurzelresorption, die Diagnose lautet: »chronische Wurzelentzündung«. Chronische Wurzelentzündung und physiologische Wurzelresorption sind aber nicht zu unterscheiden.

Bei dieser Sachlage blieb der physiologische Zahnausfall unerkannt; jeder Zahnausfall wurde als krankhaft oder als die Folge der langen Beanspruchung und Abnutzung betrachtet.

Dabei wird übersehen, daß bei vollständiger Abkauung der Krone die Wurzeln doch im Kiefer verbleiben und, falls nicht Erkrankung sich einstellt, erst Jahrzehnte später ausfallen.

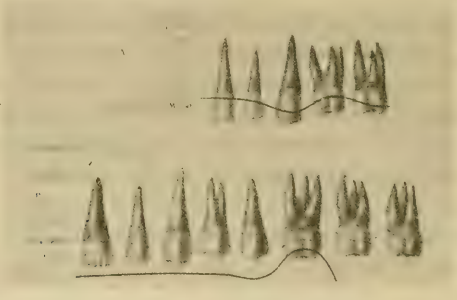
Übersehen wird auch, daß eine längere Funktionsdauer nicht gleichbedeutend ist mit entsprechend stärkerer Inanspruchnahme.

Die ersten Molaren z. B. des Menschen funktionieren etwa sechs Jahre länger als der zweite Molar und der erste Prämolar. In den ersten sechs Jahren nimmt der erste Molar aber die letzte Stelle im Gebiß ein, er wird daher weniger als die Milchmolaren in Anspruch genommen. Ist der zweite Molar und der erste Prämolar in Funktion getreten, so ist der erste Molar vorn und hinten flankiert, er wird also von da ab nicht stärker abgenutzt als die Nachbarn. Nun ist er aber gewöhnlich der kräftigste der Molaren. Wägt man diese Verhältnisse ab, so ergibt sich, daß der erste Molar trotz längerer Funktion doch nicht derartig stärker in Anspruch genommen wird, daß hierin allein der Grund für seinen frühzeitigen Ausfall erblickt werden kann.

Der erste Molar fällt immer früher aus als die anderen Molaren, falls diese nicht pathologischen Veränderungen zum Opfer fielen.

Wir werden sehen, daß der physiologische Ausfall der Zähne, der durch Wurzelresorption eingeleitet wird, zeitlich in Abhängigkeit steht von der Beendigung des Wurzelwachstums des Zahnes. Je früher die Wurzeln fertiggestellt werden, desto eher werden sie von Resorption ergriffen. Der physiologische Zahnausfall wird also bei gleich großen Wurzeln die früher fertiggestellten Zähne zuerst befallen. Leider wissen wir über die Fertigstellung der Wurzeln bei Tieren, bei denen physiologischer Zahnausfall im ganzen Gebiß oder an einzelnen Komponenten statthat, so gut wie gar nichts.

Eine schematische Darstellung des Wurzelwachstums des Menschen gibt ohne näheren Kommentar Rauber-Kopsch, das hier reproduziert sei (Textfig. 3).



Textfigur 3. Schemata zur Bildung der Milch- und der Ersatzzähne. *A.* Milchzähne. *B.* Ersatzzähne. Die querlaufenden Linien bezeichnen, wie weit in dem angegebenen Lebensalter der einzelne Zahn ausgebildet ist. (Nach Rauber-Kopsch.)

Neben pathologischem Zahnausfall existiert also ein physiologischer Zahnausfall. Die Zähne fallen unter Wurzelresorption und Lockerung des Halteapparates im allgemeinen in der Reihenfolge aus, in der die Wurzeln vollendet wurden. Zu berücksichtigen ist, daß Abweichungen hiervon bedingt werden durch Größe der Wurzeln (eine größere Wurzel setzt mehr Widerstand entgegen als mehrere kleinere) und durch Verschiedenheit der Fähigkeit zur Zementbildung (zeitlich und quantitativ). Trotz Lockerung eines Zahnes ist sein zeitlicher Verlust von der Art seiner mechanischen Beanspruchung ebenfalls abhängig. Zähne, die durch Wurzelresorption und der bei Lockerung des Halteapparates unregelmäßigen Zementauflagerung verändert sind, täuschen pathologische Veränderungen vor. Dazu kommt,

daß derartig veränderte Wurzeln der Infektion zugänglicher sind. Alle diese Momente bewirken, daß beim Menschen und vielen Tieren der Vorgang des physiologischen Zahnausfalls undeutlich wird.

Bei einzelnen Tieren nun tritt der physiologische Zahnausfall viel reiner zutage und in den Vordergrund des Geschehens, dies ist z. B. bei Elephas, Phacochoerus und Manatus der Fall.

Physiologischer Zahnausfall bei Elephas.

Untersuchen wir die Backzähne des Elefanten in verschiedenen Abkaustadien, so überzeugt man sich, daß nach Fertigstellung der Distalwurzel[1] erst an dieser, dann, nach Ausbildung der Hauptwurzel, vorn beginnend und nach hinten fortschreitend, an ihr Resorption einsetzt, durch die die Wurzeln von unten ansteigend allmählich zum Schwund gebracht werden.

Diese Resorption setzt unabhängig von einer Resorption ein, die, vorn am Zahn beginnend, senkrecht zur vorigen gestellt, den Zahn von vorn nach hinten in Angriff nimmt: ein Resorptionsweg, der uns später noch beschäftigen wird.

Abb. 44 und 46, Taf. III stellen den ersten Molaren des Oberkiefers in verschiedenen Stadien der Abnutzung vor, Abb. 47 und 49, Taf. III erste Molaren des Unterkiefers. Deutlich ersichtlich ist, daß neben Abkauung, Wurzelbildung in den hinteren Zahnabschnitten und Resorption an den vorderen Wurzelgebieten die Formunterschiede der entsprechenden Zähne bewirkt haben. Zur Orientierung verweise ich auf die Textfig. 7 S. 60, 9 S. 62, welche die Stadien derart übereinander gezeichnet wiedergeben, wie dem Vorgang der Abkauung an der Oberfläche entspricht.

Abb. 15 und 16, Taf. I geben verschiedene Stadien des zweiten Milchmolaren des Oberkiefers. Im älteren Stadium handelt es sich um einen Stumpf, dessen Wurzelteil fast vollständig resorbiert ist.

[1] Die Paläontologen bezeichnen ganz richtig die vordere, am Ursprung fast quadratische Wurzel des Elefantenzahns (Abb. 15, 17, Taf. I; Abb. 47, Taf. III) als Distalwurzel. Nach der in der Zahnforschung heute leider allgemein üblichen Nomenklatur müßte sie als Mesialwurzel bezeichnet werden. Diese Nomenklatur geht von der vorn gelegenen Mitte des Zahnbogens aus, diese liegt vorn medial oder mesial. Hiergegen liegt das Ende der Zahnreihe distal. So geschah, daß in der Zahnforschung der Ausdruck distal entgegen allem anatomischen Gebrauch verwandt werden konnte. Ein neues Lehrbuch müßte die Nomenklatur abändern; in einer Spezialabhandlung den Anfang zu machen, würde zu Mißverständnissen führen. In dieser Abhandlung soll aber der Ausdruck Distalwurzel in dem Sinne beibehalten werden, wie er von den Paläontologen benutzt wird.

Abb. 17 und 18, Taf. I zeigen die entsprechenden Unterkiefermilchmolaren. Der Verlust durch Resorption ist auffallend, der Wegfall der Distalwurzel beruht vor allem auf Resorption von vorne, die durch später zu besprechende Momente ausgelöst wird.

Auch der Molarstumpf der Abb. 19, Taf. I zeigt Resorptionserscheinungen.

Man findet also bei Elephas, daß die Wurzeln der Backzähne, ebenso wie die Zähne selbst, ihre Entwicklung im vorderen Zahnabschnitt zuerst beenden und hier zuerst der Resorption anheimfallen.

Niemand wird einfallen, daran zu denken, hier läge pathologisches Geschehen vor; die Resorption ist eine physiologische Erscheinung.

Die physiologische Wurzelresorption leitet den Zahnausfall ein, auch ohne Abkauung müßte der Zahn durch Resorption der Wurzeln ausfallen. Resorption am freien Rande des Alveolarteils des Kiefers begünstigt den Vorgang, worauf noch eingegangen werden wird.

Physiologischer Zahnausfall bei Phacochoerus.

Bei Phacochoerus finden wir ganz übereinstimmende Verhältnisse des physiologischen Zahnausfalls.

Abb. 78 und 79, Taf. V zeigen den ersten Molaren und den benachbarten Prämolaren eines jungen Tieres. Beim Prämolaren ist die Resorption derart fortgeschritten, daß nur ein unförmiger Stummel übriggeblieben. Der erste Molar zeigt deutliche Resorptionserscheinung an den Wurzeln. (Die vordere Wurzel steht links.)

Abb. 80 und 81, Taf. V zeigen den dritten und zweiten Molaren eines etwas älteren Tieres. Der erste Molar ist eben angekaut; die Konsolidierung der einzelnen vom Schmelzorgan aufsteigenden Zylinder ist noch nicht vollendet, Wurzelbildung hat daher noch nicht eingesetzt. Der zweite Molar hat die Wurzeln voll entwickelt. Eine Distalwurzel ist ebenso wie beim Elefantenzahn ausgebildet, geringe Resorptionserscheinung an der Wurzelspitze nachweisbar.

Abb. 82 und 83, Taf. V reproduzieren den M_3 und M_2 des in Abb. 77 wiedergegebenen Unterkiefers, der einem sehr viel älteren Tier angehört, als die Besitzer der vorbesprochenen Zähne waren. Der dritte Molar ist in der ganzen Länge so weit abgekaut, daß alle Schmelzzylinder an der Kaufläche den Schmelzring zeigen. Die Distalwurzel ist voll ausgebildet, die große Proximalwurzel angelegt. Resorption zeigt dieser Zahn noch nicht.

Der zweite Molar (in Abb. 83 isoliert, in Abb. 77 in situ) stellt durch Resorption, die von unten her die Wurzeln abgefressen hat, nur einen flachen Stumpf dar.

Auch bei Phacochoerus tritt also jeder Zahn in eine physiologische Altersperiode ein, in der durch Resorption der Wurzeln die Zähne in bestimmter Reihenfolge zum Ausfall gelangen.

Physiologischer Zahnausfall bei Manatus.

Untersuchen wir die Zähne von Manatus, so ergibt sich, daß am jeweils vordersten Zahn die vordere Wurzel stärkere Resorptionserscheinungen aufweist als die hintere. Dies gilt für den Unterkiefer; am Oberkiefer findet man entsprechende Verhältnisse, nur modifiziert durch die Lage der drei Wurzeln.

Auf die Ursache der Erscheinung, daß am jeweils vordersten Zahn die Resorption vorne weiter vorgeschritten ist, werden wir noch zurückkommen; hier handelt es sich um Sonderverhältnisse, die wir im Augenblick beiseitelassen können. Vordere Zähne von Manatus sind durch die Abb. 66 (M. senegal.) und 60 (M. inunguis) wiedergegeben; links in den Abbildungen ist vorn.

Die übrigen Zähne von Manatus ergeben von hinten nach vorn durchmustert folgendes: Der hinterste, eben durchbrechende Molar besitzt kurze in Konsolidation begriffene Wurzeln mit noch offener Pulpahöhle (Abb. 65, Taf. IV). Beim folgenden Zahn sind die Wurzeln etwas länger geworden, die hintere Wurzel ist fast fertiggestellt, das Nervenloch eingeengt (Abb. 64). Der dritte Molar (von hinten gerechnet) hat die Öffnung an der hinteren Wurzel noch kleiner. Die Wurzel ist etwas länger und biegt am Ende nach hinten um. Die vordere Wurzel hat noch eine ziemlich weit offene Pulpaöffnung, sie umwächst die hintere Wurzel von unten (Abb. 63). Der drittvorderste Zahn hat beide Wurzeln voll ausgebildet, die hintere Wurzel zeigt Spuren von Resorption (Abb. 62, Taf. IV). Der zweitvorderste Zahn ist durch Resorption an beiden Wurzeln ausgezeichnet; die hintere Wurzel ist nahezu zur Hälfte abgetragen, an der vorderen ist die Resorption schwächer (Abb. 61).

Abb. 67, Taf. IV zeigt den zweitvordersten Backzahn von Manatus senegalensis, er entspricht in seinen Wurzelverhältnissen, abgesehen von der Größe, in allem der Abb. 61 von Manatus inunguis.

Resorption der Wurzeln setzt also bei Manatus physiologischerweise bei einer gewissen Altersstufe des Zahnes ein, und zwar beginnt die Resorption an den zuerst fertiggestellten hinteren Wurzeln, um dann auch die vorderen zu ergreifen. Stets ist also die vordere Wurzel an einem Zahn weniger stark abgenagt als die hintere (mit Ausnahme des jeweils vorderen Zahns, der besonderer Besprechung bedarf).

Diese Verhältnisse sind in ihrem allmählichen Aufstieg von Zahn zu Zahn noch besser an Exemplaren zu sehen, die eine größere Anzahl von Zähnen im Gebiß haben, wie z. B. an dem von mir reproduzierten Manatus senegal.

Bei diesem Schädel konnte ich die mittleren Zähne nicht entfernen — dies gelingt überhaupt nicht ohne Verletzung wegen der Wurzelkrümmung und der Umwachsung der hinteren Wurzel durch die vordere. Da der Schädel dem Zoolog. Institut in Kiel gehört, mußte ich darauf verzichten, diese Zähne herauszunehmen. Bei meinem Schädel von M. inunguis gelang die Entfernung der Zähne in erweichtem Zustand — ich mazerierte ihn selbst —, zum späteren Einsetzen mußten die vorderen Wurzeln der mittleren Zähne abgebrochen werden.

Erwähnt sei, daß wie beim Menschen auch hier die Krümmung der Wurzeln bestimmt wird durch den gekrümmten Verlauf, den die Nerven primär zum Zahn nehmen.

Manatus zeigt also ausgezeichnet die Erscheinung des physiologischen Zahnausfalls, auch hier eingeleitet durch Wurzelresorption.

Ursache des Eintritts der physiologischen Wurzelresorption und damit des physiologischen Zahnausfalls.

Fragen wir nach der Ursache der physiologischen Wurzelresorption, so geben uns Unterschiede im Verhalten bei Elephas und Phacochoerus einerseits, Manatus anderseits einen Fingerzeig zur Lösung.

Bei Elephas und Phacochoerus verfällt die vordere Wurzel zuerst der Resorption, dann fortschreitend die größere hintere.

Bei Manatus wird erst die hintere Wurzel von Resorption ergriffen, dann die vordere.

Bei Elephas und Phacochoerus ist erst die vordere Wurzel fertiggestellt, die hintere folgt nach, und zwar ganz allmählich.

Bei Manatus wird erst die hintere Wurzel fertiggestellt, später erst die vordere.

Die Resorption ergreift die Wurzeln erst in einem bestimmten Alter. Aus dem Geschehen bei Elephas, Phacochoerus und Manatus können wir also folgende Schlüsse ziehen:

I. Wurzelresorption mit konsekutivem Zahnausfall ist eine physiologische Erscheinung.

II. Der Eintritt der physiologischen Wurzelresorption steht zeitlich in Abhängigkeit von dem Zeitpunkt der Beendigung des Zahnwachstums (Fertigstellung der Wurzeln).

III. Der physiologische Zahnausfall wird in erster Linie veranlaßt durch Wurzelresorption, in zweiter Linie durch den Widerstand, den die Wurzel je nach Größe und Konsistenz der Resorption entgegensetzt, in dritter Linie durch Resorption am freien Rande des Alveolarteils der Kiefer.[1]

Die Ursache für das Einsetzen der Resorption kann als Alterserscheinung angesehen werden. Bei Phacochoerus spielen vielleicht mechanische Momente, die durch das Wachstum der Hauerwurzeln ausgelöst werden, eine Rolle.

Vom praktischen Standpunkt sei darauf aufmerksam gemacht, daß bei Phacochoerus ebenso wie bei Elephas (Abb. 26 Taf. II und 36 Taf. II) die Distalwurzel mit dem ihr entsprechenden Zahnteil ausfallen und eine noch nicht geschlossene Alveole hinterlassen kann. Bei der enormen Größendifferenz der Molaren wäre möglich, daß die Alveole der Distalwurzel als Bett eines ausgefallenen Molars betrachtet würde, wodurch fehlerhafte Zählung der Zähne bedingt wäre.

Erinnert sei auch daran, daß die Ursache für die Resorption der Wurzeln des Milchgebisses von manchen Autoren mit dem Wachstum des Ersatzzahnes in Beziehung gebracht wird. Von anderer Seite wird dem Ersatzzahn eine treibende Kraft bei diesem Vorgang abgestritten. Der Nachweis der physiologischen Wurzelresorption am Ersatzgebiß bei Mensch und Tier, die Verkümmerung der Prämolaren unter dem Einfluß der Milchmolaren bestärken die Zweifel an der Richtigkeit der erstgenannten Auffassung.

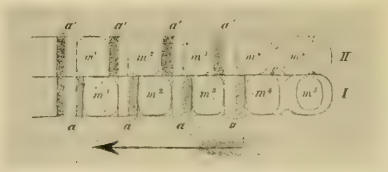
Für den Zahnarzt dürfte der Nachweis des physiologischen Zahnausfalls auch von praktischer Bedeutung sein. Ist durch Karies z. B. eine

[1] Über Resorption am Kiefer siehe S. 22.

Krone zerstört, so wird gewöhnlich die Wurzel nur dann konserviert, wenn sie eine Ersatzkrone tragen soll. Meist wird sie entfernt, »weil sie zu Entzündung Anlaß geben könnte«. Die Überlegung, daß die Wurzel ihre Lebensfähigkeit auch nach Ausfall der kranken Krone so lange behält, als der gesunde Zahn im Kiefer physiologischerweise gedauert hätte, muß dazu führen, auch Wurzelstümpfe grundsätzlich zu erhalten, indem durch Wurzelkanalbehandlung Entzündung ferngehalten wird. Kann doch die nach Entfernung der Wurzelstümpfe einsetzende Resorption des Alveolarteils die Befestigung der Nachbarzähne gefährden.

VII. Der sogenannte »Horizontale Zahnwechsel«.

Vor etwa 50 Jahren gelangte die Forschung dazu, die auffallenden Funktionsverhältnisse der Backzähne bei Manatus durch die Einwirkung von Sonderfaktoren zu erklären. Die Erscheinungen wurden in der Literatur



Textfigur 4. Schematische Darstellung der Bewegungsweise der Zahnreihe. Schraffierung bedeutet Resorption, Punktierung Neubildung der knöchernen Zwischenwände (a resp. a^1) der Alveolen. $m1$—$5 = 1.$—$5.$ Molar, in der oberen Reihe bereits etwas nach vorn verschoben. (Nach Hartlaub.)

als »Horizontaler Zahnwechsel« bezeichnet, ein Name der sich bis heute erhielt und in die meisten Lehrbücher aufgenommen wurde (vgl. Abschnitt I S. 6).

Später wurde gleiches Sondergeschehen auch für Elephas angenommen.

Eine Sonderstellung von Manatus den anderen Tieren gegenüber wurde zuerst von Krauss (Neues Jahrb. f. Miner. 1862, Der Schädel des Halitherium Schinzi Kaup) behauptet; die von ihm geäußerten Ansichten wurden von Hartlaub (Zool. Jahrb., I. Beiträge zur Kenntnis der Manatusarten) schematisch dargestellt. Das Schema (s. Textfig. 4) von Hartlaub ist oft wiedergegeben worden.

Bei Hartlaub lesen wir als Erklärung des Schemas: »Schematische Darstellung der Bewegungsweise der Zahnreihe«. Der Zusatz »bei ihrem horizontalen Zahnwechsel« ist eine Erfindung späterer Autoren!

Hartlaub erkennt die Priorität von Krauss ausdrücklich an. Er sagt: »Krauss, welcher das Vorrücken der Zähne in seinem zweiten Beitrag über allen Zweifel erhob, hat den einzig möglichen Weg hierfür angedeutet«. — »Uns bleibt bloß übrig, hinzuzufügen, in welcher Weise man sich das vereinigte Wirken dieser beiden Faktoren (Resorption hinten und Apposition vorn am Septum interalveolare) zu denken hat.«

Die angenommene Bewegung der Zahnreihe läßt sich nach Krauss dadurch erklären, daß ein von hinten nach vorn auf die Zahnreihe wirkender Druck Resorption und zugleich Apposition am Interalveolarseptum aller Backzähne hervorrufe.

Unter Resorption (Schraffierung im Schema) und Apposition (Punktierung) soll das Interalveolarseptum Ia nach gewisser Zeit auf den Platz IIa, verschoben werden und die Zahnreihe allmählich vorrücken (s. Textfig. 4).

Der Druck soll von den wachsenden hinteren Zahnkeimen ausgehen und in der Richtung des Pfeils wirken.

Unter Anbau und Abbau soll die Alveolarzwischenwand stets die gleiche Stärke behalten.

Wieviel an dieser Behauptung ist bewiesen?

Zu ihrer Anerkennung müßten folgende Punkte einwandfrei klargestellt sein:

1. daß an der Hinterseite der Interalveolarwände Resorption statt hat,
2. daß an der Vorderwand dauernd Apposition erfolgt, auch die Ursache für Apposition müßte verständlich gemacht sein,
3. müßte erwiesen sein, daß die wachsenden Zahnkeime einen Druck auslösen, und zwar einen Druck, der befähigt ist, sich in gleicher Stärke durch die ganze Reihe der Zähne zu übertragen.

Resorption an der Rückwand der Septa interalveolaria ist ebensowenig nachgewiesen, wie Apposition an der Vorderwand; mikroskopische Untersuchungen sind überhaupt nicht gemacht worden.

Die Behauptung, die wachsenden Zahnkeime übten einen Druck auf die davor stehenden Zähne aus, ist eine Annahme, die durch nichts bewiesen ist.

Ebensowenig ist von den Erfindern des »Horizontalen Zahnwechsels« ein einleuchtender Grund angegeben, der für einen Knochenanbau an der Vorderwand der Alveolen die Veranlassung gebe.

Die Vorwärtsbewegung der Zahnreihe, der horizontale Zahnwechsel, steht also auf ganz schwachen Grundlagen.

Bei dieser Sachlage tritt unwillkürlich die Frage entgegen, wie es überhaupt möglich war, daß die Forschung zu der Annahme einer Bewegung der Zahnreihe gelangen konnte.

Dies findet seine Erklärung in der Tatsache, daß für Manatus die Existenz einer ganz ungeheueren Anzahl von Molaren angenommen wurde.

Schon P. Gervais (Dictionaire pittoresque d'Hist. Nat. T. IV p. 331. 1836) meinte, die Manati besäßen Molaren »en nombre indéterminé«.

Krauss wies auf die Größenunterschiede der Zähne bei jüngeren und älteren Tieren hin und gelangte zu dem Schluß, daß die Anzahl der vorn im Gebiß ausfallenden Zähne eine sehr bedeutende sein müsste. Auch Hartlaub untersuchte die Größenunterschiede und meinte, daß bei allmählich zunehmender Größe der Molaren, eine sehr große Anzahl abgestoßen sein müsste, um zu der Molarengröße der ausgewachsenen Tiere zu gelangen.

Die Annahme einer ungeheueren Anzahl von Molaren, die vorn abgestoßen und von hinten ersetzt wurden, war natürlich nicht vereinbar mit der Kieferlänge von Manatus, also wurde eine Vorwärtsbewegung der Zähne erdacht, aber nicht bewiesen.

Notwendig erscheint daher zur Klarlegung der Sachlage zunächst, nachzuprüfen, auf welcher Grundlage Manatus eine ungeheure Zahl von Molaren zugeschrieben wurde.

Eigentümlich ist für alle Manatusarten, daß der erste bei jungen Tieren beobachtete Backzahn sehr klein ist. Am Schädel von Manatus inunguis (Abb. 74 Taf. V) ist vor dem ersten funktionierenden Backzahn die Alveole des ersten stiftförmigen Molaren sichtbar, eine Form, die für Manatus inunguis beim ersten Backzahn charakteristisch ist.

Der zweite Backzahn nimmt der Größe nach eine Mittelstellung zwischen erstem und drittem ein.

Die Zahngröße nimmt also vom ersten zum dritten Backzahn rapide zu. Vom dritten Zahn ab soll die Größenzunahme eine allmähliche sein.

Hartlaub vergleicht nun die Größenunterschiede der Zähne und glaubt hieraus die Zahnzahl für Manatus berechnen zu können.

Bei einem Schädel von Manatus latirostris von 26 cm Länge (Vroliks Schädel) waren die beiden ersten, durch Kleinheit charakterisierten Backzähne noch vorhanden; dahinter standen noch vier Molaren, die allmählich größer wurden.

Ein anderer Schädel von 25 cm Länge (Stuttgarter Schädel), hatte nur vier Zähne im Gebrauch, die annähernd gleich groß sind.

Der vorderste Zahn des Oberkiefers dieses Schädels entspricht an Größe dem vierten Molaren des Vrolikschen Schädels.

Hieraus schließt Hartlaub: »Mithin können wir annehmen, daß bereits wenigstens drei Zähne ausgefallen sind!« Zu den drei ausgefallenen Zähnen rechnet Hartlaub die 4 im Gebrauch stehenden und die Zahnkeime, und gelangt so zu dem Ergebnis, daß der vorliegende Schädel bereits 10 bis 11 Molaren produziert habe.

Ein dritter 31 cm langer Schädel aus Königsberg besitzt 5 funktionierende Zähne, die nach hinten kaum merklich an Größe zunehmen. Die Größe des vordersten Zahnes entspricht etwa dem fünften Zahn des Stuttgarter Schädels.

Danach soll der Schädel nach Hartlaub bereits 7 Molaren verloren haben (3, die der Stuttgarter gegenüber dem Vrolikschen verlor, und 4, die der Königsberger gegenüber dem Stuttgarter einbüßte).

Entstanden seien im Gebiß des Königsbergers folgerichtig schon 15 Zähne.

Weiter sagt Hartlaub: »Die Schätzung der weiterhin entstehenden Zahnmenge ist weit schwieriger und kann nur eine ganz ungefähre sein.«

Die größte Breite der Molaren des Königsberger Schädels sei, 1,4 cm. Die größte an einem Manatusmolar überhaupt gemessene Breite betrage 1,8 cm.

Wenn nun die Zunahme von 4 mm in einer Reihe von 5 bis 6 Zähnen nicht nachzuweisen sei, so müsse die Zunahme eine ganz allmähliche sein, mithin die Anzahl der gebildeten Zähne eine bedeutende!

Die Verteilung der Zunahme von 4 mm auf 24 Zähne erscheint ihm keineswegs zu hoch gegriffen. Da bis zur Breite von 1,4 cm schon 14 Zähne gebildet seien, ergebe sich die Gesamtzahl von 38 Zähnen.

Hierzu müßten noch 5 in Gebrauch stehende Zähne und die Zahnkeime gerechnet werden, die niemals am Ende der Zahnreihe vermißt werden. Auf diese Weise erhält Hartlaub die Anzahl von 45 Zähnen für jede Zahnreihe.

180 Zähne sei für Manatus die Mindestzahl im ganzen, denn die Tiere könnten gewiß noch älter werden.

Hartlaub ist die Schwäche seiner Beweisführung nicht entgangen, die darin besteht, daß er eine Anzahl Gebisse verschiedener Tiere in der Weise benutzt, als ob sie Altersstufen ein und desselben Individuums wären; er sagt: »Das Resultat kann kein genaues sein, wohl aber wird sich eine Minimalsumme mit einiger Bestimmtheit daraus folgern lassen.«

Ich muß der Berechnung von Hartlaub jeden wissenschaftlichen Wert absprechen und begründe dies durch folgendes:

Erstens ist zu bedenken, daß Hartlaub auf individuelle Variation bei Manatus gar keine Rücksicht nimmt.

Zweitens ist eine allmähliche Größenzunahme der Molaren vom dritten ab in vielen Fällen überhaupt nicht nachweisbar.

Drittens ist nachzuweisen, daß die Größe der Molaren bei Manatus in der Zahnreihe eines Tieres oft wahllos verschieden sein kann, indem oft ein großer, oft ein kleiner eingesprengt sein kann, was sogar Hartlaub selbst auffiel.

Viertens findet man Manatusschädel, deren Zähne unterschiedlos von gleicher Größe sind.

Fünftens sind Schädel nicht selten, bei denen die Zahngröße von vorn nach hinten nicht zu-, sondern abnimmt.

Sechstens ist doch die Frage vorzulegen, warum der 25 cm lange Schädel von Stuttgart von Hartlaub als älter angesehen wird als der 26 cm lange Vrolikssche Schädel? Beide spielen in der Berechnung eine wichtige Rolle.

Die Behauptung, daß Manatus eine ungeheure Zahl von etwa 200 Molaren zukomme, ist also nur eine Annahme und die aus dieser notwendig sich ergebende Annahme einer Vorwärtsbewegung der Molarenreihe völlig unbewiesen, ja sie steht im schroffen Gegensatz zu allem, was wir über die Vorgänge im Gebiß wissen.

Nehmen wir einmal an, nachgewiesen sei, daß an der hinteren Seite der Septa interalveolaria Knochenresorption statthabe, und hierdurch bewege sich die Zahnreihe unter Druck des hinteren Nachbarn vorwärts, so wäre zu erwarten, daß unter dem Druck die Septa alveolaria zum Schwund gebracht würden; ein Grund ist nicht einzusehen, durch den sie veranlaßt werden, an der Vorderseite anzubauen.

Anbau an der Vorderseite kann nicht wohl angenommen werden, während die Interalveolarwand zwischen den Zähnen durch Druck eingeklemmt wird!

Nun soll die Wurzelresorption, die an den hinteren Wurzeln zuerst einsetzt, ebenfalls die Folge des Druckes sein, den die wachsenden Zahnkeime ausüben.

Einerseits soll also der Druck die Wurzel zur Resorption bringen, andererseits die anliegende Wand des Septums anbauen lassen; dabei beginnt die Resorption der Wurzeln erst an den vorderen Zähnen, an denen der Druck merklich nachlassen müßte! Das sind Vorgänge, die mit einer Fortbewegung der Zahnreihe nicht vereinbar sind, geschweige denn sie erklären.

Ein Blick auf einen Kiefer von Manatus zeigt aber, daß die Interalveolarsepta sehr kräftige Bildungen sind, dazu kommen noch die Scheidewände der Wurzeln, die Septa intraalveolaria; andererseits (s. Abb. 54 Taf. IV) ist das Os sacculi dentis, das die Zahnkeime beherbergt und mit dem Kieferknochen nicht verwachsen ist, eine ganz zarte poröse Knochenlamelle. Anzunehmen ist, daß ein durch das Wachstum der Zahnkeime entstehender Druck nach der Seite des geringsten Widerstandes seinen Weg sucht. Die neugebildeten Zähne müßten also eher nach hinten ihren Weg suchen. Das ist auch der Fall.

Allerdings ist der Wachstumsdruck vorhanden, er führt aber unter Resorption und äußerem Anbau nur zur Bildung der Alveole für den Zuwachszahn, in derselben Weise, wie dies bei anderen Tieren geschieht.

Die Zahl der Molaren ist bei Manatus gewiß erhöht, die Zahl der funktionierenden Molaren beträgt zwischen 4 und der Höchstzahl 11, welch letztere nur bei M. seneg. gefunden wird. Anzunehmen ist, daß vorn etwa 5 Zähne aus Gründen, die noch zu besprechen sind, ausfallen können, bei 11 Molaren, die weit nach vorn reichen, ist ein geringerer Verlust in Anschlag zu bringen; rechnet man die Zahnkeime hinzu, so wird die Zahl 15 das Maximum darstellen, 10 dürfte das Minimum sein. Zwischen 10 und 15 liegt die Variationsbreite für alle Arten von Manatus.

Die Variationsbreite für die Zahnzahl und für Zahngröße ist also groß, doch liegen keine Gründe vor, die fünffache oder gar eine unbeschränkte Zahl für jede Zahnreihe anzunehmen.

Bei der Anzahl von 10 bis 15 Mahlzähnen sind aber, wie wir sehen werden, alle Erscheinungen durchaus erklärbar ohne Annahme einer Vorwärtsbewegung der Zahnreihen, die doch nur gezwungenermaßen erdacht wurde, weil man glaubte, daß die Zahnzahl ungeheuer groß sei.

Bei Elephas haben wir ein ähnliches Verhalten wie bei Manatus, insofern, als die Backzähne vorne ausfallen und von hinten Ersatz geschaffen wird. Dies ist sogar noch auffälliger, weil bei Elephas zur Zeit nur einer oder höchstens zwei Backzähne gleichzeitig in Funktion sind. Die Zahl der Backzähne ist nicht so groß wie bei Manatus, dafür ist aber jeder einzelne Zahn ein Riese, die Länge der letzten Molaren des Unterkiefers entspricht etwa einem Drittel der Länge des ganzen Kiefers. Rechnet man die Bogenform der Anordnung der Backzähne hinzu, so wird verständlich, daß man, nachdem der Präzedenzfall des »horizontalen Zahnwechsels« bei Manatus vorhanden war, ohne weiteres die Deutung des Geschehens, das bei Manatus als sicher erwiesen galt, auf Elephas übertrug.

Wir werden sehen, daß bei Elephas ebensowenig wie bei Manatus ein Backzahn deshalb ausfällt, weil sein Nachfolger ihn verdrängt und seinen Platz einnimmt. Da zur Klarlegung dieser Dinge eingehendes Studium verschiedener Entwicklungsstadien des Gebisses von Elephas nötig ist, soll das Gebiß von Elephas und von Manatus in besonderen Abschnitten besprochen werden. Phacochoerus zeigt in vieler Beziehung Übereinstimmung mit Elephas, dient daher zur Klarlegung der Verhältnisse und soll ebenfalls Berücksichtigung finden.

Hier sollte zunächst nur im allgemeinen das Wesen des sog. »horizontalen Zahnwechsels« charakterisiert werden, klargelegt werden, daß er rein hypothetisch ist.

VIII. Die Funktionsfolge der Backzähne von Elephas und ihre Ursache.

Größere Serien von Altersstufen sind bei Elephas sehr schwer zu erhalten.

Vergleicht man einzelne Stadien, so übersieht man völlig die Veränderungen, die ontogenetisch Platz greifen, um so plumper fallen die Stellungsänderungen ins Auge, die der Zahn dem Kiefer gegenüber durchmacht. Man gewinnt den Eindruck, der Kiefer nehme mit dem Alter ungefähr gleichartig an Größe zu, die Zähne rückten im Kiefer nach vorn.

Vergleichen wir z. B. die Unterkiefer 30e und 30c der Taf. II, so springt ins Auge, daß bei diesem der zur Hälfte abgekaute und resorbierte D_2[1] und die größere Hälfte des D_3 bei seitlicher Betrachtung sichtbar sind, während in Abb. 30e fast der ganze D_3 vorliegt[2].

[1] Die Bezeichnung und Zählung der Milchmolaren (D_1, D_2, D_3) wurde der besseren Übersicht der Schemata halber im Anschluß an die vorletzte Ausgabe des Zittelschen Handbuches gewählt.

In der Literatur findet man die Milchmolaren bezeichnet mit *D, d, m, MM, Pd, dm* und anderen Kombinationen kleiner und großer Buchstaben.

Die in der Elefantenliteratur eingeführte Bezeichnung *MM* ist inkonsequent, weil man annehmen könnte, die Milchmolaren der Elefanten seien morphologisch eine Besonderheit.

Am einfachsten wäre, die Milchzähne dem Ersatzgebiß gegenüber mit den entsprechenden kleinen Buchstaben zu bezeichnen, die Milchmolaren mit *p* gegenüber den Prämolaren (*P*). Man sollte überhaupt von Milchprämolaren statt von Milchmolaren sprechen, entwicklungsgeschichtlich entstammen sie dem Gebiet der Zahnleiste, daß die Prämolaren liefert, während die Molaren (Zuwachszähne) aus einem zuwachsenden Teil der Zahnleiste hervorgehen.

Spricht man von Milchmolaren, so hat man im Auge, daß die Milchprämolaren molariform sind. Dies gilt aber doch nur insoweit, als innerhalb der Reihe der Milchprämolaren die Form graduell molariform wird. Molariform sind stets die Zähne, die in dem Kieferast mit seinen räumlich günstigen Verhältnissen zur Entwicklung gelangen.

Die eingeführte Numerierung der Prämolaren von hinten nach vorn sollte, da vergleichende Gesichtspunkte auch bei Beschränkung des Arbeitsgebietes auf ein Tier nicht völlig ausscheiden können, allgemein eingeführt werden, weil ein Prämolarenverlust nicht hinten in der Reihe einsetzt.

Im vorliegenden Fall habe ich der besseren Übersicht halber bei Elephas von vorn nach hinten gezählt.

[2] Die beiden Kiefer 30c und 30e wurden in Gleichgewichtslage photographiert, um den Einfluß zu zeigen, den die Stellung der Zähne im Kiefer auf die Verteilung der Gewichtsverhältnisse im Kiefer besitzen. Bei 30e nimmt der weit vorn sitzende D_3 etwa die Stellung von $D_3 + D_2$ bei 30c ein.

Trotzdem ist der Kiefer 30e stärker nach hinten geneigt, Kieferast und Kieferkörper halten sich etwa das Gleichgewicht, sodaß der Kiefer schaukelt.

Der Unterkiefer 30c dagegen zeigt den Kieferkörper nahezu in der Horizontalen eingestellt, der Ast steht nahezu senkrecht.

Der Unterschied erklärt sich sehr einfach.

Bei 30e ist der erste Molar im Kieferast schon weit in der Entwicklung vorgeschritten, durch ihn ist der Kieferast stark belastet, während der D_3 durch Wurzelresorption in der vorderen Zahnhälfte mächtig an Gewicht verloren hat.

Bei 30c steht der größte Teil des vollentwickelten D_3 im Bereich des Kieferkörpers und belastet den Körper, wozu sich der Stumpf des D_2 gesellt, dem gegenüber spielt der junge Zahnkeim des M_1 im Kieferast, der aus dünnwandigen Dentikeln (Lamellen) besteht, keine Rolle.

Bei 30c liegt daher das Hauptgewicht im Kieferkörper, bei 30e im Kieferast.

Außer Frage steht, daß diese besonderen, bei jedem Funktionswechsel in der Zahnreihe wechselnden Gewichtsverhältnisse des Kiefers einen Einfluß auf die Funktion besitzen

Man sagt nicht nur beschreibend in solchen Fällen, der D_3 sei nach vorn gerückt und habe den D_2 verdrängt, sondern faßt den Hergang wirklich so auf, als ob der Zahn nach vorn wandere und durch Druck den vorderen Nachbar eliminiere. Die Quelle des Druckes soll, wie bei Manatus, auch bei Elephas in dem Wachstum des nachfolgenden sich entwickelnden Zahnkeims gegeben sein.

A. Beobachtungen bei Elephas, die gegen eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe im Sinne des horizontalen Zahnwechsels sprechen.

Bei der Annahme einer Vorwärtsbewegung der Zahnreihe durch Druck von seiten des wachsenden Zahnkeims wird übersehen, daß stets bei Elephas der letzte Molar im Kieferast stecken bleiben müßte, da für ihn die Druckquelle fehlt. Dieser Einwand ist bei Manatus nicht zu machen, weil bei diesem Tier noch kein Kiefer gefunden wurde, bei dem keimende nachfolgende Molaren gefehlt hätten. Ob der Grund hierfür darin liegt, daß ganz alte Exemplare nicht erlegt wurden oder darin, daß die Entwicklung der Molaren bei langsamer Folge bis zum Ende des Tieres anhält, ist an der Hand des vorliegenden Materials nicht zu entscheiden.

Bei Elephas ist im übrigen eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe ebensowenig wissenschaftlich begründet wie bei Manatus.

Auch für Elephas gilt, daß die sich entwickelnden Zahnkeime von einer außerordentlich dünnen Knochenwand umgeben sind, die gegenüber dem Interalveolarseptum und den mächtigen Knochenmassen, die zwischen Distalwurzel und Hauptwurzel eines jeden Zahnes eingelagert sind, als Widerlager für den Druck, der von den Zahnkeimen ausgehen soll, garnicht in Betracht kommt. Unmöglich erscheint, daß die Knochenmassen des Septum interalveolare und der Septa intraalveolaria eher einem Druck von seiten der wachsenden Zahnkeime weichen sollten als die zarten, dünnen, porösen Knochenlamellen, die den sich entwickelnden Zahnkeim im Oberkiefer von den Weichteilen trennen.

Abb. 57a Taf. IV (Elephas africanus im Alter von etwa 4 Monaten) zeigt D_2 und D_1 funktionierend (D_1 ist post mortem verloren gegangen, die Alveole klafft), D_3 steht vor dem Durchbruch. Hinter D_2 sind zwei

müssen. Das Tier besitzt allerdings ein sehr einfaches Mittel, um die bei der Funktionsfolge der Zähne sich ergebenden Verschiebungen der Schwerlinie des Unterkiefers zu kompensieren, indem es die Kopfhaltung ändert.

Beobachtungen hierüber sind allerdings nicht bekannt.

Lamellen von D_3 sichtbar, die aber noch nicht den vollen Zementbelag zeigen, auch nicht angekaut sind, also noch im Zahnfleisch verborgen waren. Der Hauptteil des D_3 ist dadurch sichtbar gemacht, daß die mediale Kieferwand gefenstert wurde. Zwischen der Alveole des D_3 und der kleinen Alveole des M_1 (der Zahnkeim von M_1 hatte noch keine Hartsubstanzen abgesetzt) sieht man einen Knochenring, der zum Teil entsprechend der Fensterung des Kieferknochens entfernt wurde, um einen Einblick in die Grenze zwischen die Alveolen zu gestatten. Dieser ringförmige Knochen imponiert als Septum interalveolare, ist auch seine Anlage. Der Ring ist mit der Alveolarwand des Kiefers nicht verwachsen. Er ist entstanden durch Knochenablagerung des Alveolarperiosts der Keime von D_3 und M_1: das selbständige Os sacculi dentis steht zur Betrachtung. Die Knochenwand des Kiefers, die den nicht vollentwickelten D_3 und den Zahnkeim von M_1 bedeckt, ist teilweise papierdünn.

Je größer die Zahnkeime in der Zahnreihe werden, desto auffallender ist die Dünne der Alveolarwand.

Die Abb. 53 f Taf. IV (Ansicht von hinten) und 52 f Taf. III (Ansicht desselben Schädels von der Seite) zeigen die teilweise eingedrückte und verletzte Wand der Alveole des M_2. Die Kieferwand der Alveole ist linkerseits (Abb. 53) in großer Ausdehnung verletzt, rechts ist oben und unten an der Alveole eine Verletzung. Deutlich zu sehen ist, daß das Os sacculi dentis in größerer Ausdehnung erhalten blieb. Man vergleiche die Hinteransicht mit der Seitenansicht der linken Alveole in Abb. 53 und 52.

Bei Berücksichtigung der Wanddünne der Alveolen ist die Vorstellung unmöglich, daß ein Druck, der von einem sich entwickelnden Zahnkeim ausgehen soll, den davor liegenden Zahn verdrängen könnte; weit eher wäre zu erwarten, daß der keimende Zahn durch Wachstumsdruck seine Alveolarwand zerstörte; dies ist auch der Fall, eine völlige Zerstörung kommt aber nicht zu stande, weil der Kieferknochen oberflächlich entsprechend anbaut. Eine Zerstörung des Septum interalveolare findet durch Resorption ebenfalls statt, hierbei wird aber an der Gegenseite des Septums nicht angebaut; das Septum erhält sich nicht, sondern wird zerstört, entgegen der Auffassung der Autoren, die eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe unter Anbau vorn und Abbau hinten an der Alveolarwand annehmen. Nach Zerstörung eines Teils der Interalveolarwand beginnt dann die gegenseitige Abnutzung der Berührungsflächen benachbarter Zähne. Dies alles genügt

aber nicht, um den nachfolgenden Zahn auch nur irgendwie wesentlich den Platz einnehmen zu lassen, der dem vorderen Nachbar zukommt.

Von einem Anbau an der vorderen Seite der Interalveolarwand und an der Knochenmasse, die zwischen Distalwurzel und Hauptwurzel eingelagert ist, kann gar keine Rede sein; der Nachweis ist auch keinem Forscher gelungen, ist auch nicht versucht.

Würde im Oberkiefer der nachfolgende Zahn einen Druck auf den Vorderzahn ausüben, der dessen Stellung im Kiefer beeinflußte, so wäre zu erwarten, daß der Hinterteil rascher tiefertritt, als der Vorderteil des Zahnes. Das Umgekehrte ist der Fall, worauf noch näher einzugehen ist.

Auch bei Elephas lassen sich keine Gründe anführen, die eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe erklärlich erscheinen lassen; lediglich die einseitige Beobachtung der Lagebeziehungen der Backzähne zu dem Kieferknochen täuscht eine Vorwärtsbewegung vor, bewiesen ist sie nicht.

Wir werden sehen, daß nicht die Zähne im Kiefer sich bewegen, sondern daß der Kiefer über die Zahnreihe hinweg sich verlängert, und daß vorn frei werdende Teile im Oberkiefer anderweitig benutzt, im Unterkiefer resorbiert werden.

Ehe der Beweis für dieses Geschehen erbracht wird, sollen die Drehungen, die der Backzahn bei Elephas durchmacht, besprochen und kausal begründet werden.

B. Stellungsänderungen, die der Backzahn des Elefanten durchmacht.

Untersucht man die Lagebeziehungen der Backzähne des Elefanten gegeneinander und zur Umgebung, so ergibt sich, daß der Zahn von der Entwicklung bis zum Ausfall im Oberkiefer und Unterkiefer verschiedene Drehbewegungen ausführt.

Im Unterkiefer sind es drei, im Oberkiefer zwei.

Im Ober- und Unterkiefer werden Drehbewegungen um zwei verschiedene Querachsen ausgeführt, außerdem drehen sich die Zähne des Unterkiefers um eine Achse, die auf der Kaufläche senkrecht steht.

Drehung der Unterkieferzähne um eine Achse, die zur Kauebene senkrecht steht und durch die Kinnspitze geht.

Überblickt man jüngere und ältere Schädel, so gewinnt man den Eindruck, daß mit dem Wachstum des Schädels auch die Entfernung der

Backzähne der rechten und linken Seite des Oberkiefers und Unterkiefers zunimmt.

Dies ist nur scheinbar der Fall, der Eindruck beruht darauf, daß die später in Funktion tretenden Zähne an Breitenausdehnung von Zahn zu Zahn zunehmen.

Mißt man daher im Oberkiefer die Entfernung der Zahnmitten oder gar der lateralen Kanten der Backzähne, so steigert sich die Entfernung mit jedem Zahn, der die Funktion neu übernimmt. Wird aber die Entfernung der medialen Kauflächenränder der Messung zugrunde gelegt, so bleibt die Entfernung unverändert.

Im Unterkiefer gilt dasselbe, wenn wir die Messung an der vorderen medialen Ecke der Kaufläche ausführen und zwar bei Zähnen, die voll in Funktion getreten sind.

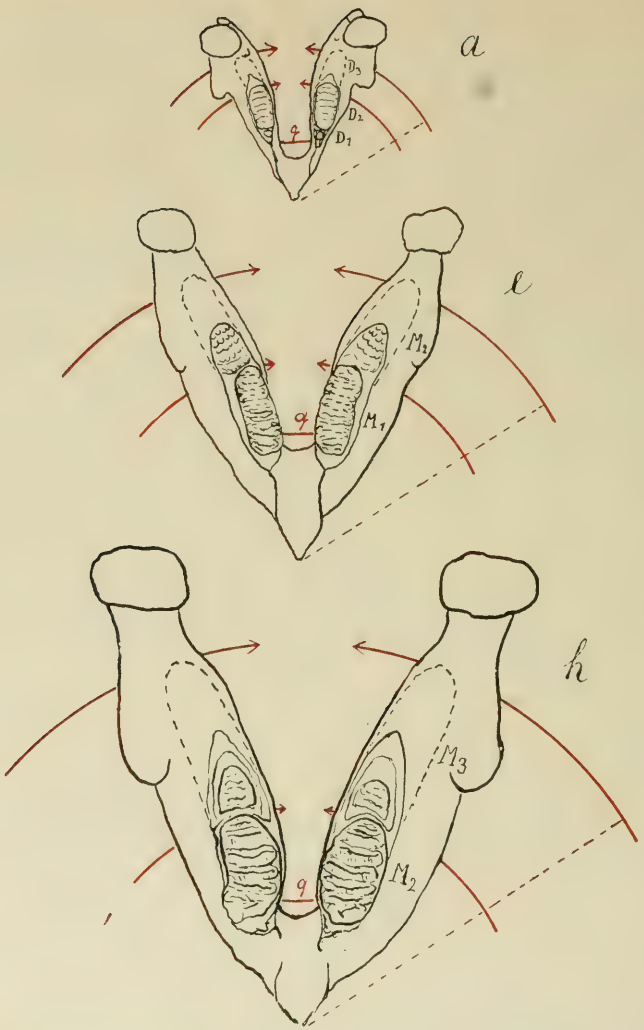
Wie bei den Wirbeltieren überhaupt, so wächst der Kieferast des Unterkiefers auch beim Elefanten bei seiner Verlängerung nach hinten zugleich lateralwärts aus, in Verfolg der Richtung der lateralen Platte des Unterkieferknochens, von der er abstammt (s. S. 18). Da die Zahnkeime im Kieferast zur Entwicklung gelangen, sind sie derart gelagert, daß die Längsachsen der entsprechenden rechten und linken Zähne nach vorn zunächst konvergieren und weiter auseinanderstehen, als zur Zeit, in der sie in voller Funktion stehen.

Ich bitte in der Textfig. 5 die Kiefer *a*, *g* und *h* zu vergleichen. Die Stadien entsprechen den Kiefern der Abb. 31 *a*, 37 *g* und 38 *h* der Tafel II[1]).

Solche Bilder bestärken die Annahme, daß die Backzähne im Kieferknochen eine Vorwärtsbewegung ausführten. Die Tatsache, daß im Kiefer *g* der zweite Molar im Kieferast liegt und der rechte und linke weit von einander entfernt sind, daß dagegen im Kiefer *h* der zweite Molar weit vorn im Kieferkörper liegt, und die Entfernung der medialen Seiten nicht größer ist als bei den zweiten Milchmolaren im jugendlichen Kiefer *a*, scheint am einfachsten dadurch bewirkt, daß M_2 nach vorn gerückt ist.

In Wirklichkeit verändert M_2 seine Lage kaum, der Kieferast wächst über ihn hinweg nach hinten aus, und vorn am Kiefer wird abgebaut. Der Nachweis dieses Geschehens kann erst später erbracht werden.

[1] Der Nummer der Tafelbilder ist eine Buchstabenbezeichnung beigefügt, die sich stets auf die Serie der Tafel II bezieht. Ein Schädel, der z. B. den Zusatz *d* besitzt, ist der Schädel zum Unterkiefer *d*. Das Gleiche gilt für die Textfiguren und die Zahnbilder.



Textfigur 5. Schematische Darstellung der Drehung der Unterkieferzähne bei Elephas um eine Achse, die senkrecht zur Kauebene steht und etwa durch die Kinnspitze geht.
a Unterkiefer einer Elephas indicus von 4 Monaten (s. Abb. 21 *a* und 37 *a* Taf. II).
e Unterkiefer eines indischen Elephanten mit funktionierendem ersten und zweiten Molaren (s. Abb. 25 *e* und 35 *e* Taf. II).
h Unterkiefer eines indischen Elefanten mit funktionierendem zweiten und dritten Molaren (s. Abb. 28 *h* und 38 *h* Taf. II).
q bezeichnet die Breite des inneren Kieferbogens, die von der Geburt bis zum höchsten Alter dieselbe bleibt.

Unter der Verlängerung des Kiefers nach hinten durch Abbau und Anbau wird der Zahn unter Drehung der Medianebene genähert.

Hierin liegt die Ursache dafür, daß auch beim Elefanten der innere Kieferbogen während des ganzen Lebens annähernd gleich bleibt. Die Entfernung *q* der Fig. *a*, *e* und *h* der Textfig. 5 sind dieselben. Nur der äußere Kieferbogen vergrößert sich mit der Zunahme der Größe der einzelnen in Funktion tretenden Zähne und der stärkeren Beanspruchung durch die Muskulatur.

Vergleiche hierzu das Verhältnis des Kieferbogens des neugeborenen und erwachsenen Menschen in Abb. 4, Taf. I.

Aus der Textfig. 5 ist ersichtlich, daß der Backzahn des Unterkiefers unter dem Kieferwachstum eine Drehung um eine Achse ausführt, die senkrecht zur Kauebene steht und etwa durch die Spitze des Kinnes geht. Die Längsachse des Zahnes ist im Radius des Kreises eingestellt. In der schematischen Textfig. 5 sind die Bewegungen durch Pfeile angedeutet.

In der Serie der Taf. II ist nur am Unterkiefer 39*i* die Entfernung der beiderseitigen letzten Molaren größer als in den jüngeren Stadien; dies findet seine Erklärung darin, daß der Zahn noch nicht voll in Funktion getreten ist. Die Bewegung des Zahnes ist also noch nicht vollendet; er steht erst im Begriff sich unter dem Kieferwachstum der Medianebene zu nähern.

Beim Oberkiefer findet diese Drehbewegung der Backzähne nicht statt, weil das dem Kieferast eigentümliche divergierende Auswachsen in den zuwachsenden Abschnitten des Oberkiefers fehlt. Die Reihen der Backzähne stehen daher von vornherein annähernd parallel. Vergleiche hierzu die Oberkiefer der Abb. 40*d*, Taf. III 58*c*, 59d und 53*f*, Taf. IV.

Drehung der Backzähne um eine Querachse, die durch den sich drehenden Zahn selbst geht.

Eine Drehung des Backzahns um eine Querachse, die durch ihn selbst geht, findet im Unterkiefer und Oberkiefer statt; sie gelangt in vorgeschrittenen Entwicklungsstadien des Zahnes, erst zur Zeit der Wurzelbildung, zur Beobachtung und ist im Ober- und Unterkiefer nicht gleichartig.

Unterkiefer.

Die Textfig. 6 zeigt einen Unterkiefer, dessen dritter Milchmolar die Distalwurzel zu entwickeln beginnt.

Die Drehung des Zahnes findet in der durch Pfeile am Kreise angegebenen Richtung statt. Die Querachse, um die die Drehung erfolgt, geht durch den Punkt *m*.

Die Drehung ist durch zwei Momente veranlaßt: erstens durch Wurzelwachstum des Zahnes, zweitens durch das Auswachsen des Kiefers nach hinten.

Textfigur 6. Schematische Darstellung der Drehung der Backzähne des Unterkiefers des Elefanten um eine Querachse, die durch den sich drehenden Zahn selbst geht und, abgesehen vom Einfluß des Kieferastwachstums, durch Auswachsen der Wurzeln hervorgerufen wird.

Bekannt ist, daß Wurzelwachstum ein Herausheben des Zahnes aus der Alveole bewirkt. Vergleiche den Abschnitt über den Zahndurchbruch Seite 9—11.

Da nun die Entwicklung des Elefantenbackzahns in der Weise erfolgt, daß der vordere Abschnitt des Zahnes zuerst fertiggestellt ist, während der hintere Abschnitt noch in der Entwicklung weit zurück ist, wächst auch die Distalwurzel zuerst aus und hebt den vorderen Abschnitt des Zahnes; wenn der vordere Abschnitt des Zahnes abgekaut und die Distalwurzel resorbiert ist, so beginnt die allmählich von vorn nach hinten auswachsende Hauptwurzel den Zahn in den jeweils vorderen Teilen zu heben. Diese Drehung des Zahnes beginnt also mit der Wurzelentwicklung und wird fortgesetzt, bis nur noch ein Stumpf des Zahnes übrig ist. Das Auswachsen des Kieferastes nach hinten mit den hieraus sich ergebenden Umformungen des Kiefers begünstigt die Drehung, was ohne weiteres verständlich, sobald die Wachstumsverhältnisse des Kieferastes klargelegt sind, worauf später eingegangen wird.

Daß diese Drehung der Backzähne wirklich erfolgt, ist nicht nur Schlußfolgerung aus der Tatsache, daß Wurzelwachstum mit Zahnerhebung einhergeht; der Vorgang läßt sich durch die Folgen, die er hinterläßt, beweisen.

Vergleicht man denselben Molaren, z. B. M_1 in verschiedenen Abkauungsstadien, so müßte bei Fehlen der Drehung die Lagebeziehung der Lamellen zur Kaufläche dieselbe bleiben, da die Kieferbewegung keine Ursache dafür abgibt, daß der Zahn vorne stärker abgenutzt wird als hinten.

Die Tatsache, daß der Zahn im vorderen Abschnitt stärker abgekaut wird als in den hinteren Teilen, kann also nur darin liegen, daß der Zahn in den vorderen Teilen gehoben wird.

Abb. 47 und 48, Taf. III zeigen denselben ersten Unterkiefermolaren in verschiedener Stellung der Kaufläche, Abb. 49 einen ersten Molaren des Unterkiefers, der soweit abgekaut ist, daß der ganze Distalwurzelabschnitt, der beim Zahn Abb. 48/49 noch in Bildung, mitsamt seinem Kronenteil verschwunden ist.

Paßt man die Zähne unter Berücksichtigung des Substanzverlustes durch Funktion so aufeinander, daß die Kauflächen parallel stehen, so kreuzen sich die Zementintervalle; bei richtiger Orientierung wird klar, wieviel stärker der Zahn vorne abgekaut wurde als hinten.

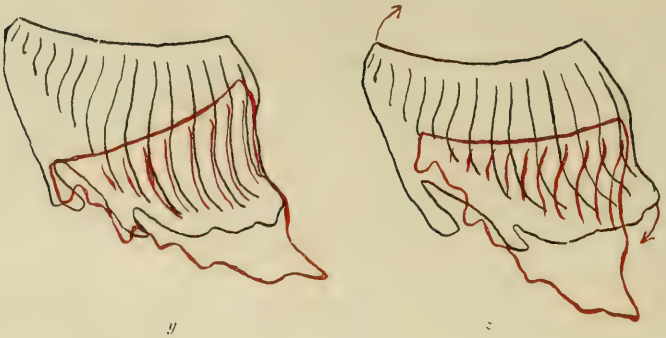
Textfig. 7 illustriert ohne weiteres das Besprochene. In der Fig. 7 ist die Kreuzung der Dentikel bei falscher Orientierung der Zähne durch Parallelstellung der Kauflächen ersichtlich. Fig. 7*y* beweist die stärkere Abkauung im Vorderabschnitt. Der Zahn macht also eine Drehung im Sinne der in Textfig. 7*z* angegebenen Pfeile.

Die Drehung um die Querachse, die durch den Zahn geht, erfolgt mithin im Unterkiefer von unten über vorn nach oben.

Bewiesen wird diese Drehung des Zahnes auch dadurch, daß der Stumpf eines Backzahnes in der Zeit, die dem Ausfall vorangeht, also in der Zeit des Wurzelwachstums des Nachfolgers, mit der Kaufläche tiefer steht als der nachfolgende Zahn. Ich verweise auf die Abb. 20*a*, Taf. I und 41*d*, Taf. III.

Zugleich geht aus diesem Verhalten hervor, daß der Zahnstumpf vor dem Ausfall außer Funktion gesetzt wird; die Funktion kann also nicht die Ursache zum Ausfall des Stumpfes abgeben[1].

[1] Diese Auffassung findet ihre Bestätigung darin, daß der Zahnstumpf, nachdem er durch Wurzelresorption den Halt im Kiefer verloren hat, nicht zufällig beim Kauakt abgestoßen zu werden pflegt; vielmehr wird er wacklig und als Fremdkörper vom Besitzer em-



Textfigur 7. Schematische Darstellung der Abkauungsart eines Elefantenbackzahns des Unterkiefers, zugleich ein Beweis für die Drehung des Zahnes um eine Querachse, die durch den Zahn selbst geht. Die Drehung erfolgt in der Richtung der in Textfigur 7 *z* angegebenen Pfeile von unten über vorn nach oben. Würde die Abkauung eine gleichartige sein, so dürften sich in Textfigur 7 *z* die Zementintervalle nicht kreuzen.

Nun könnte eingewandt werden, der Nachweis der Drehung des Zahnes sei ja sehr schön, sie lasse aber eine andere kausale Erklärung zu. Gerade die Richtung der Drehung sei ein Beweis für die Existenz einer Vorwärtsbewegung der Zahnreihe im Sinne des horizontalen Zahnwechsels. Der sich entwickelnde Zahnkeim (vgl. Textfig. 6) liege hinter und über dem funktionierenden Zahn, der die Drehung ausführt; Druck durch Wachstum des sich entwickelnden Zahnkeims müsse die hinteren Zahnabschnitte abwärtsdrängen, anderseits gleite der Zahn auf der schiefen Ebene der Alveole in den vorderen Teilen aufwärts.

Dieser Einwand wäre unangenehm, wenn sich im Oberkiefer nicht das umgekehrte Verhalten nachweisen ließe. Dreht sich im Unterkiefer der Zahn von unten über vorn nach oben, so erfolgt im Oberkiefer die Drehung von oben über vorn nach unten.

Diese Tatsache läßt nur meine Deutung der kausalen Entstehung der Drehung zu.

pfunden. Der Elefant entfernt den losen Zahn mit dem Rüssel. So erklärt sich, daß in zoologischen Gärten die Tiere, die gewohnt sind, gegen Ablieferung von Geld und dergl. Belohnung zu empfangen, den entfernten Zahnstumpf dem Wärter ausliefern, eine Tatsache, die Elefantenwärter bestätigen.

Oberkiefer.

Im Oberkiefer verläuft die Drehung des Zahnes um die entsprechende Querachse in dem Sinn, daß die Kaufläche im vorderen Zahnteil gesenkt wird.

Textfig. 8 stellt den Hergang schematisch dar. Die Drehung erfolgt von oben über vorn nach unten. Die einzelnen Wurzeln eines Zahnes wachsen analog wie im Unterkiefer und bewirken eine Heraushebung des Zahnes aus der Alveole, womit eine Senkung der jeweils vorderen Abschnitte des Zahnes im Oberkiefer eintritt.

Textfigur 8. Schematische Darstellung der Drehung der Backzähne des Oberkiefers bei Elephas um eine Querachse, die durch den sich drehenden Zahn selbst geht und durch Wurzelwachstum bewirkt wird.

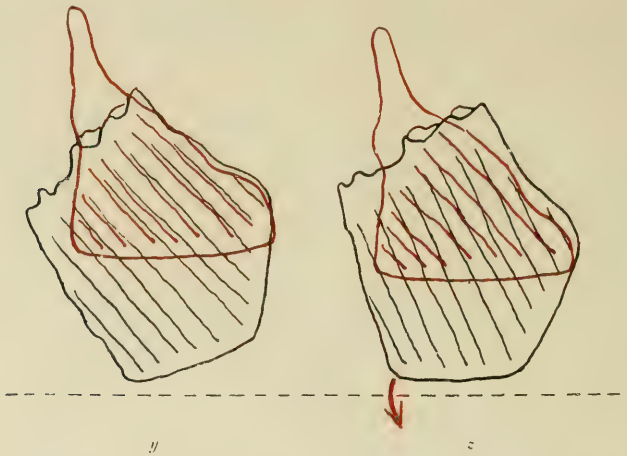
Bewiesen wird dieses wie beim Unterkiefer durch die Tatsache, daß der Stumpf des Vorderzahnes schließlich mit seiner Kaufläche im Oberkiefer höher steht als der funktionierende Zahn, d. h. jener reicht nicht mehr bis an die Kauebene heran (vgl. hierzu die Abb. 40*d*).

Ferner läßt sich der Beweis dadurch erbringen, daß man auch bei Oberkieferzähnen verschiedene Abkauungsstadien eines Zahnes miteinander vergleicht. In Abb. 44 und 45, Taf. III ist derselbe erste Molar in verschiedener Stellung der Kaufläche photographiert, in Abb. 46 ein erster Molar, dessen Abnutzung und Resorption weit vorgeschritten.

Orientiert man die Zähne derart, daß die Kauflächen parallel stehen (Textfig. 9 *z*), so kreuzen sich die Zementintervalle, die Abkauung kann also nicht gleichmäßig erfolgt sein.

Richtet man die Zementintervalle gehörig (Textfig. 9 *y*), so zeigt sich, daß die Abkauung des Zahnes vorn eine viel stärkere ist als hinten.

Der Zahn hat also eine Drehung im Sinne der Pfeilrichtung in Textfig. 9 *y* gemacht.



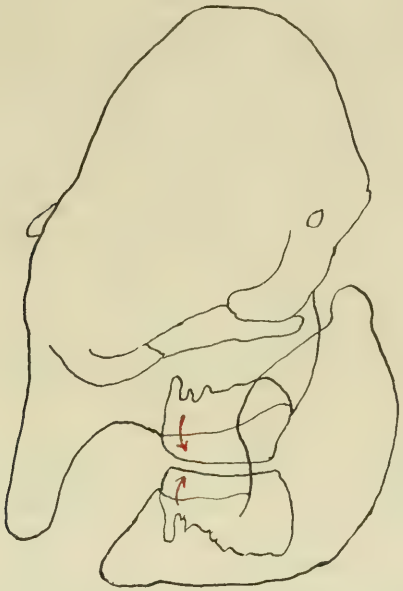
Textfigur 9. Schematische Darstellung der Abkauungsart eines Elefantenbackzahns des Oberkiefers, zugleich ein Beweis für die Drehung des Zahnes um eine Querachse, die durch den Zahn selbst geht. Die Drehung erfolgt in der Richtung des in Textfigur 9 *z* angegebenen Pfeiles von oben über vorn nach unten. Würde die Drehung nicht erfolgen, wäre die Abkauung eine gleichartige, so müßten sich in Textfigur 9 *z* die Zementintervalle decken.

Die Tatsache der stärkeren Abkauung der Backzähne an den vorderen Abschnitten ist übrigens bekannt; Zittel sagt darüber: »Die Abkauung der funktionierenden Zähne ist auf dem Vorderteil des Zahnes stets viel stärker«. Die bisher gegebene kausale Erklärung der Erscheinung war unrichtig, indem sie auf aktives schräges Vorrücken der Zähne ein Kieferknochen bezogen wurde.

Nun liegen im Oberkiefer die Zahnkeime hinter und über den funktionierenden Zähnen, und zwar überlagern die jüngeren bei der Größen-

zunahme der Zähne innerhalb der Zahnreihe ihre Vorderzähne zunehmend stärker.

Dies ist in den Profilansichten verschieden alter Schädel gut zu kontrollieren (Abb. 50*a*, 51*c* und 52*f*).



Textfigur 10. Schematische Darstellung der Beziehung der Drehung der Backzähne um eine Querachse, die durch den Zahn geht und im Oberkiefer und Unterkiefer gegenläufig erfolgt.
Die Zähne nähern sich durch die Drehung mit ihren vorderen Abschnitten; hier erfolgt die stärkere Abnutzung.

Besonders die Abb. 57*a* des halbierten jungen Schädels eines indischen Elefanten zeigt die Spiraltour der Kurve, die durch Verbindung der Mitten der Zähne dargestellt wird. In diesem Fall handelt es sich um die Zähne D_1, D_2, D_3 M_1. M_2 und M_3 kommen unmittelbar über den hinteren Abschnitt der Vorgänger zu liegen (Abb. 52*f*, Taf. III und 53*f*, Taf. IV).

Würde ein sich entwickelnder Zahnkeim einen Druck auf seinen Nachbarn ausüben, so müßte dieser eine Drehung von hinten über unten nach

vorn ausführen, eine Drehung, die gleichsinnig mit der an Unterkieferzähnen verläuft. Die Drehung der Oberkieferzähne ist aber der Drehung der Unterkieferzähne gegenläufig. Hiermit dürfte einwandfrei der Beweis erbracht sein, daß die Auffassung nicht zu Recht besteht, der wachsende Zahnkeim verdränge den funktionierenden Zahn.

Die gegenläufige Bewegung der Oberkiefer- und Unterkieferzähne ist darauf zurückzuführen, daß in beiden die vorn liegende Distalwurzel sich zuerst ausbildet, und im weiteren Verlauf der Wurzelbildung stets die vorderen Abschnitte der Wurzel weiter ausgebildet sind.

Das Wurzelwachstum bewirkt bei Elephas die gleichen Erscheinungen, die sonst bei Wirbeltieren bekannt sind. Da jedoch die Wurzeln am Zahn sich schubweise entwickeln, tritt die Erscheinung der Erhebung der Zahnkrone dort zuerst auf, wo das stärkste Wurzelwachstum statthat, in den jeweils vorderen Abschnitten des enorm langen Zahnes.

Textfig. 10 zeigt die Wirkung der Stellungsänderung der Backzähne bei Elephas durch ihre Drehung um die Querachse, die durch den Zahn geht, in beiden Kiefern. Durch die Drehung nähern sich die Vorderteile der Zähne; entsprechend ist die Abnutzung hier stärker.

Drehung der Backzähne um eine Querachse, die vor dem Zahn liegt.

Außer der Drehung des Backzahns um eine Querachse, die durch den sich drehenden Zahn selbst geht, erfolgt eine zweite Drehung um eine Querachse, die weit vor dem Zahn gelegen ist. Die Drehung erfolgt im Ober- und Unterkiefer gleichsinnig, aber nicht gleichartig.

Textfig. 11 zeigt schematisiert einen Unterkiefer, mit zweitem und drittem Milchmolaren und dem Zahnkeim des ersten Molaren.

Der Zahnkeim liegt, wie schon hervorgehoben ist, im Ober- und Unterkiefer über und hinter dem funktionierenden Vorderzahn. Ich verweise auf Abb. 57 *a*.

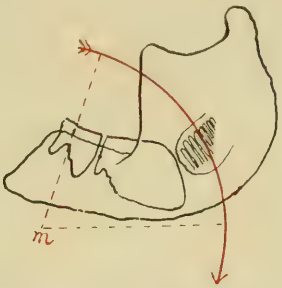
Da der Zahnkeim im Laufe der Entwicklung im Unterkiefer hinter den Vorderzahn und tiefer als dieser zu stehen kommt, muß er eine Drehung um die Achse *m* der Textfigur 11 ausführen, und zwar im Sinne einer Kreisdrehung von oben über hinten nach unten.

Textfig. 12 *b* gibt die Lageverhältnisse der beiden letzten Milchmolaren und des ersten Molaren wieder. Das Schema ist entnommen den Kiefern 22 *b*, 23 *c*, 24 *d* und 25 *e* der Serie auf Taf. II.

Vom Stadium *b* bis *e* ist der zweite Milchmolar allmählich kleiner geworden und der Stumpf schließlich ausgestoßen worden. Bei *e* funktioniert der dritte Milchmolar, der erste Molarkeim ist in der Entwicklung weit vorgeschritten, aber noch nicht im Durchbruch, der zweite Molar ist in Entwicklung.

Die Drehung, die der erste Molar durchmachen muß, ergibt sich aus dem Vergleich der Serie.

Verursacht ist die Drehung durch Momente, die im Kieferwachstum gegeben sind. Textfig. 12*x* zeigt das Stadium *b* und *e* in der Weise



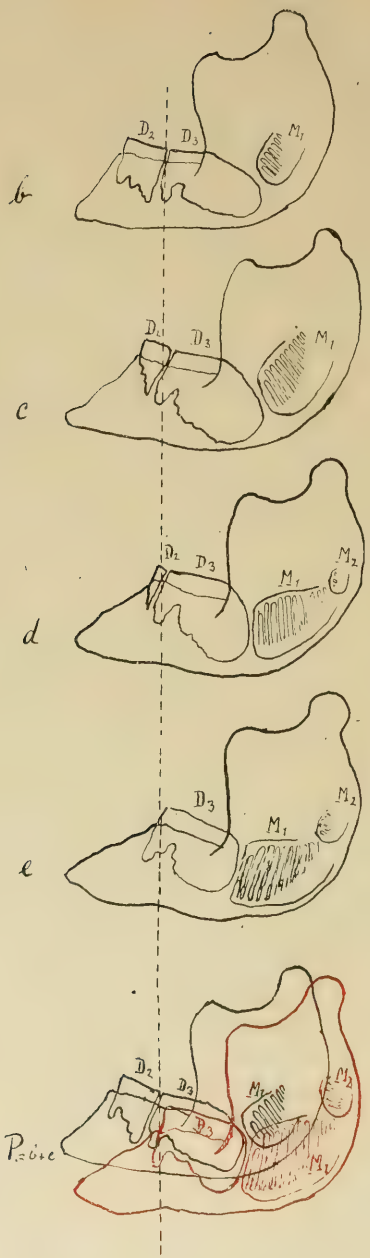
Textfigur 11. Schematische Darstellung der Drehung der Backzähne des Elefantenunterkiefers um eine Querachse, die vor dem sich drehenden Zahn gelegen ist. Die Drehung erfolgt von oben über hinten nach unten.

übereinandergezeichnet, wie es den Wachstumverhältnissen der Kiefer entspricht.

Befremdend wird hierbei zunächst wirken, daß die Kiefer nicht auf das Kinn orientiert sind, daß die Kinnfläche tiefer gezeichnet ist. Der Vorderteil des Kiefers *b*, der vom Kiefer *e* nicht bedeckt ist, wird aber resorbiert, wofür die Belege erst später erbracht werden können, soll die Darstellung nicht zu kompliziert werden.

Der Kieferast baut vorn, der Kieferkörper oben ab; angebaut wird dagegen am Kieferast hinten, am Kieferkörper unten.

Die Vorgänge am Kieferast gehen völlig überein mit dem bei allen Wirbeltieren bekannt gewordenen und anerkannten Geschehen. Ich erinnere an die menschliche Serie der Abb. 8 bis 13 auf Taf. I und bitte die Elefantenserie Abb. 21*a* bis 29*i* zu durchmustern.



Textfigur 12. Schématische Darstellung der Entwicklung eines Elefantenunterkiefers mit funktionierendem zweiten und dritten Milchmolar zu einem Unterkiefer mit alleinfunktionierendem dritten Milchmolar.

b, c, d, e entsprechen den Stadien Abb. 22 *b*, 23 *a*, 24 *d*, 25 *e* der Serie auf Taf. II.

P zeigt die Projektion des Stadiums *e* auf das Stadium *b* unter Berücksichtigung der durch Resorption und Knochenanbau am Kiefer vor sich gehenden Veränderungen.

Die Stadien *b, c, d, e* zeigen die Lageveränderung, die der M_1 D_3 gegenüber durchmacht; sie entspricht einer Drehung des Zahns um eine Querachse, die vor dem Zahn gelegen ist; vergl. Textfigur 11.

Der Verlauf der Vorderkante des Kieferastes zeigt ohne weiteres, daß hier Umformungen durch Resorption stattgefunden haben.

Nur die Überlegung, daß beim Elefanten die Gesamtreihe der hintereinander zur Funktion gelangenden Backzähne einen längeren Raum beansprucht, als der Kiefer ihn zu bieten scheint, führte zu der unrichtigen Annahme, daß die Zahnreihe sich nach vorne bewege.

Ich habe die Gründe auseinandergesetzt, die gegen diese Annahme sprechen. Das wirkliche Geschehen soll noch eingehend erörtert werden, für die vorliegende Besprechung tritt das Wachstum des Kieferastes in den Vordergrund, das, wie gesagt, ganz typisch verläuft. (Vergl. den Abschnitt über Kieferwachstum S. 17 bis 24).

Der Kieferast baut hinten und unten an, vorn baut er ab. Am Kieferkörper findet unten Anbau statt, am freien Rande des Alveolarteils dagegen wird, wie beim Menschen (s. S. 22 u. 23), allmählich abgebaut.

Eine Verschiebung des Kieferastes über die in ihm sich entwickelnden Backzähne findet also statt.

Dieses Wachstum veranlaßt die Drehung der Backzähne um eine Querachse, die weit vor dem Zahn gelegen ist und im Unterkiefer mit der erstbesprochenen Drehung um eine Querachse, die durch den Zahn selbst geht, gleichgerichtet ist.

Oberkiefer.

Im Oberkiefer geschieht durch das Kieferwachstum Entsprechendes, den Verhältnissen nach aber leicht modifiziert.

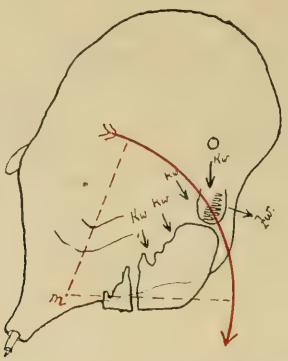
Wie beim Menschen (Abb. 1, Taf. I) und auch beim Affen die Molaren während der Entwicklung im Oberkiefer sehr hoch über der Zahnreihe stehen und ihre Kaufläche rückwärts gerichtet ist, um allmählich mit dem Auswachsen des Kiefers und konsekutivem Tiefertreten des Zahnkeims sich zu drehen (s. S. 19), so entwickelt sich auch beim Elefanten der nachfolgende Zahn hinter und über dem funktionierenden. Vgl. Textfig. 13.

Die Ursache für diese Erscheinung dürfte widerspruchslos bei Elefanten, Affen und dem Menschen in Kieferverkürzung gesehen werden.

Wachstumsvorgänge, die den Kiefer nach hinten in der Ontogenese verlängern, bewirken Tiefertreten und Drehung des Zahnkeimes.

In Textfig. 13 sollen die mit *kw* bezeichneten Pfeile die Richtung des Kieferwachstums darstellen, Pfeil *zw* gibt an, daß der sich vergrößernde Zahnkeim selbst unter Ausbau seiner Alveole und dem sich anschließenden Anbau von außen am deckenden Oberkiefer an der Verlängerung des Kiefers beteiligt ist.

Etwa bei *m* liegt der Durchgangspunkt der Querachse, um welche die Drehbewegung des Zahnes von oben über hinten nach unten erfolgt, welche durch das Kieferwachstum veranlaßt wird.



Textfigur 13. Schematische Darstellung der Drehung der Elefantenbackzähne des Oberkiefers um eine Querachse, die vor dem Zahn gelegen ist und etwa durch den Punkt *m* geht.
In der Richtung der Pfeile *Kw* findet Kieferwachstum statt, in der Richtung des Pfeils *Zw* Anbau am Kiefer bei Zahnkeimwachstum.

Während nun der Zahn unter dem Wachstum des Kiefers diese zweite Drehung um eine Querachse ausführt, wird am Oberkiefer oberflächlich in den nach hinten sehenden Partien angebaut, am freien Alveolarrand aber findet Abbau statt.

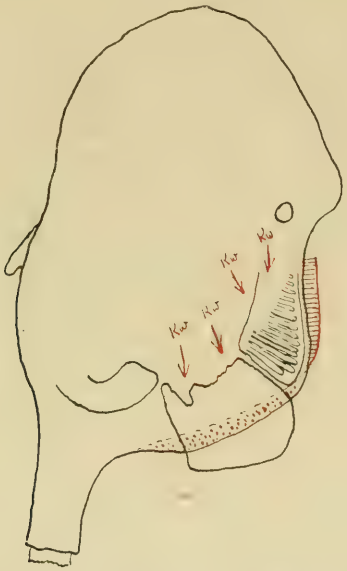
In Textfig. 14 ist Anbau durch Schraffierung, Abbau durch Punktierung angedeutet.

Da nun das Oberkieferwachstum stärker ist als die Resorption an der Pars alveolaris, wird die Zahnreihe und damit die Kaufläche immer weiter vom Jochbogen entfernt.

Ich bitte zur Kontrollierung die schematische Projektion von Altersstufen, die auf das Jochbein orientiert sind und in Textfig. 16, S. 71 zur

Darstellung gelangten, durchzusehen, auch verweise ich auf die Beziehungen des Jochbogens zur Alveolarebene, worauf auf S. 23 Rücksicht genommen wurde.

In Abb. 50*a* und 51*c* und Abb. 40*d*, Taf. III zeigt der freie Rand des Alveolarteils schon durch seinen Verlauf deutlich die Spuren der Resorption.

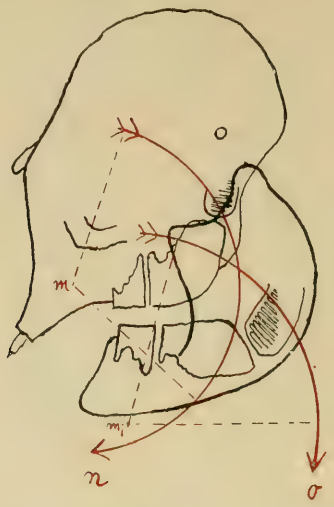


Textfigur 14. Schematische Darstellung des Kieferwachstums.
Kw = Wachstum des Kieferkörpers. Schraffierung = Oberflächenanbau bei Zahnkeimwachstum, Punktierung = Resorption am freien Rande des Alveolarteils durch fehlende Inanspruchnahme desselben infolge der Erhöhung des Kiefers durch Kieferkörperwachstum.

Nun wurde schon hervorgehoben, daß auch im Unterkiefer die Zahnkeime hinter und über den funktionierenden Zähnen gelegen sind. Ein Vergleich mit dem Oberkiefer läßt erkennen, daß ein Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer vorhanden. Im Oberkiefer liegt der Zahnkeim, besonders der der Molaren, viel steiler über dem funktionierenden Zahn. Das Kieferwachstum, das die Bewegung der Zähne verursacht, findet in der Richtung nach unten und hinten, aber überwiegend nach unten statt.

Im Unterkiefer wächst der Kieferast nach hinten und unten, überwiegend aber nach hinten.

Hieraus ergibt sich, daß die Drehung des Zahns im Unterkiefer einen Abschnitt eines Kreises mit größerem Radius beschreiben wird. Der



Textfigur 15. Schematische Darstellung der Unterschiede in der Drehung der Elefantenbackzähne des Oberkiefers und Unterkiefers um eine Querachse, die vor dem Zahn liegt.

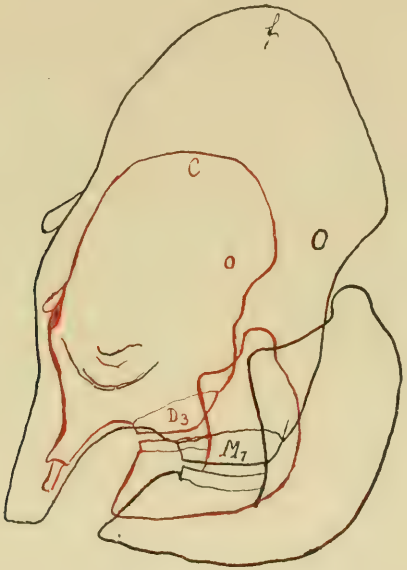
Die Drehung erfolgt im Oberkiefer und Unterkiefer gleichläufig. Der Radius des beschriebenen Kreises ist aber im Oberkiefer kleiner als im Unterkiefer, und der Punkt *m*, durch den die Achse für den Unterkiefer durchschneidet, liegt vor und unterhalb der Zahnreihe, im Gegensatz zum Oberkiefer, in dem der Punkt *m* gerade vor der Zahnreihe gelegen ist. Im Unterkiefer strebt bei der Drehung der Zahn daher dem Punkt *o*, im Oberkiefer dem Punkt *n* zu. Die Zähne könnten ohne Abänderungen in der Gestalt des Unterkiefers nicht zur Artikulation gelangen. (Resorption in der Kinngegend.)

Radius des Kreises ist bei der Drehung des Zahnes um eine Querachse, die vor dem Zahn gelegen ist, im Oberkiefer kleiner.

Dies ist aus den Textfiguren 11, 13 und 15 zu entnehmen.

Textfig. 15 soll zugleich veranschaulichen, daß der erste Molar des Unterkiefers bei der Annahme, daß der Kiefer seine Gestalt nicht im angegebenen Sinne änderte, sondern nur durch allgemein gleichmäßiges

Wachstum sich vergrößerte, hinter den ersten Molaren des Oberkiefers zu liegen kommen würde, da die Kurve, die der obere M_1 beschreibt dem Punkt *n*, die Kurve, die der untere M_1 beschreibt dem Punkt *o* zustrebt. Nun wächst aber tatsächlich der Kieferast über den sich entwickelnden und funktionierenden Zahn nach hinten hinweg. Andererseits bleibt



Textfigur 16. Schematische Darstellung der Wachstumsveränderungen beim Elefantenschädel beim Übergang vom Stadium mit funktionierendem dritten Milchmolar zum Stadium mit funktionierendem ersten Molar.

aber der Condylus des Unterkiefers mit der Gelenkfläche des Oberschädels in Zusammenhang. Hierdurch wird der erste Molar wieder nach vorn verschoben und artikuliert mit seinem Gegenüber. Notwendig ergibt sich mithin, daß der sich verlängernde Unterkiefer vorn schließlich den Oberkiefer überragen müßte. Dies ist nicht der Fall, weil vorn durch Resorption abgebaut wird. Dies Sondergeschehen soll im folgenden Hauptabschnitt näher erörtert werden (S. 72 ff.).

Warum existiert bei Elephas ein selbständiges Os sacculi dentis?

Textfig. 16 erläutert die Wachstumsveränderungen, die ein Elefantenschädel mit funktionierendem zweiten und dritten Milchmolaren (*c*) durchmacht, bis er in das Stadium gelangt, in dem der erste Molar funktioniert (*f*).

Beide Schädel sind auf die Jochbeine orientiert. Die Ergebnisse des Kieferwachstums, die Verlagerung der Kaufläche nach unten und hinten ist ersichtlich. Das starke Auswachsen der Kiefer nach hinten über die sich entwickelnden Zahnkeime und damit auch über das dem Zahnkeim zugehörige Alveolarperiost hinweg wird verständlich und erklärt die Tatsache, daß das Alveolarperiost Knochensubstanz ablagert, über welche das Kieferwachstum rückwärts hinwegschreiten muß. Hierauf beruht, daß der vom Alveolarperiost gelieferte Knochen in dieser Zeit der Umgestaltung noch nicht mit dem Kieferknochen verwächst. Das Os sacculi dentis bleibt selbständig, bis der Kieferast im Unterkiefer und der Oberkieferkörper sich soweit verlängert haben, daß die Bewegung des Zahnes um die Querachse, die vor dem Zahn gelegen ist (Textfig. 11 und Textfig. 13), aufgehört hat. Vergleiche auch den Abschnitt über das Os sacculi dentis S. 25.

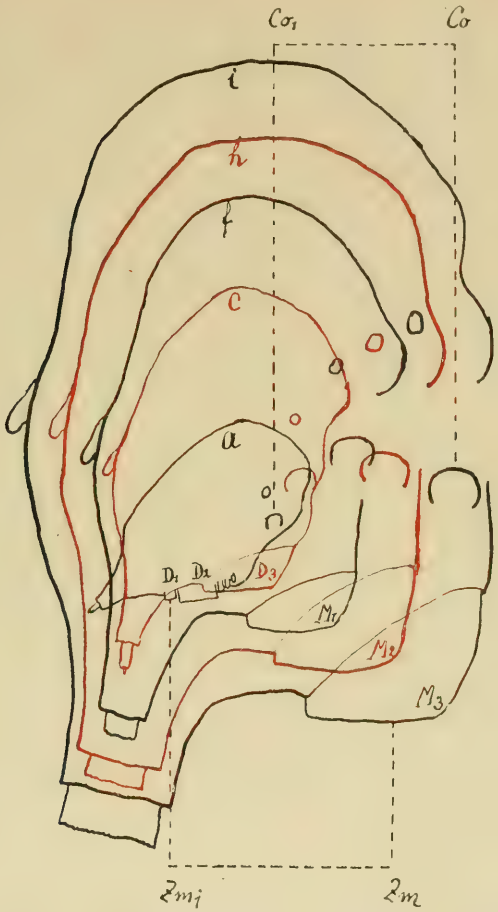
C. Die mächtige Resorption an der Kinngegend, eine Sondererscheinung des Elefanten.

Allgemeine Wachstumveränderungen des Elefantenschädels.

Die auffallende Tatsache, daß nach den vorangehenden Erörterungen für den Unterkiefer ausgedehnte Kieferresorption in der Kinngegend zur Erklärung des Geschehens herangezogen wurde, muß näher begründet und der Beweis hierfür angetreten werden.

Textfig. 17 gibt die Umrisse von Elefantenschädeln, von denen beim jüngsten der erste und zweite Michmolar funktioniert (*a*), bei *c* funktioniert der dritte Milchmolar, bei *f* der erste Molar, bei *h* der zweite und bei *i* der dritte Molar. Die Schädel sind auf die Jochbeine eingestellt.

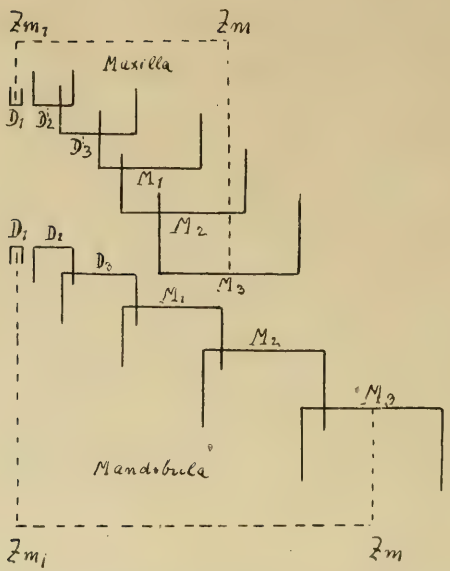
Ersichtlich ist, daß bei der stark eingezogenen Spiralkurve, welche beim Kieferwachstum die übereinander sich entwickelnden Zahnkeime im Oberkiefer beschreiben, der nachfolgende Zahn zum Teil den Platz einnimmt, den der Vorgänger beanspruchte (vergl. Textfig. 13).



Textfigur 17. Projektion der Umrisse verschieden alter Elefantenschädel unter Einstellung auf die Jochbeine. *a* Elefant von 4 Monaten mit funktionierendem erstem und zweitem Milchmolar, *c* mit funktionierendem drittem Milchmolar, *f* mit funktionierendem erstem, *h* mit funktionierendem zweitem, *i* mit funktionierendem drittem Molar.

Co_1—*Co* bezeichnet die Verschiebung der Gelenkfläche für den Unterkiefer im Laufe des Wachstums. Zm_1—*Zm* zeigt die geringere Entfernung der Zahnmitten vom ersten Milchmolar bis zum letzten Molar im Gegensatz zum Unterkiefer, vergl. Textfig. 18 und 19.

Auffallend ist die Stellung der Alveole des Stoßzahns im jüngsten Stadium und die Zunahme der Stirnwölbung, s. S. 84.



Textfigur 18. Schematische Darstellung der Lagebeziehungen der Oberkiefer- und Unterkieferzähne, die sich auf Grund der Stellung ergeben würde, welche den Zähnen im Oberkiefer und Unterkiefer durch Kieferwachstum und Zahnwachstum zugewiesen wird.
Zm_1—Zm bezeichnet die Entfernung der Zahnmitte des ersten Milchmolaren von der des letzten Molaren. Die Entfernung ist im Unterkiefer beträchtlich größer, so daß der obere M_3 vor dem unteren M_3 liegt. In Wirklichkeit liegen sie sich gegenüber, weil der Condylus des Unterkiefers am Schädel einen festen Halt hat und vorn am Unterkiefer Resorption statthat.

Tatsächlich rückt also im Oberkiefer der nachfolgende Zahn z. T. in den Platz des Vorgängers ein; dies geschieht aber nicht vollständig und nicht im Sinne des sogen. »Horizontalen Zahnwechsels«. Eine Verschiebung nach vorn, und zwar der ganzen Zahnreihe unter Druck der wachsenden Zahnkeime ist völlig auszuschließen.

Kieferwachstum bewirkt eine Verschiebung des Zahnes nach unten und hinten (vergl. die Textfig. 13).

Übersehen wird dieser Vorgang, weil am Oberkiefer unter Vergrößerung der Stoßzähne und Verstärkung des Widerlagers des Rüssels der durch Zahnausfall frei werdende Raum größtenteils anderweitig verwertet wird.

Die Textfig. 17 zeigt, daß mit dem Schädelwachstum die Gelenkfläche für den Unterkiefer in einer Bogenlinie dorsalwärts sich verschiebt. Der Grad der Verschiebung nach hinten ist durch die Linie Co_1—Co dargestellt, die wir zum Verständnis des Geschehens am Unterkiefer im Auge behalten müssen.

Die Linie Zm_1—Zm_2 zeigt an, um wieviel die Mitte des M_3 weiter rückwärts steht als die Mitte des D_1.

Wollen wir uns an einem Schema klarmachen, wie sich hierzu die Unterkieferzähne verhalten, so stellen wir am besten die Unterkieferzähne und die Backzähne des Oberkiefers in der Weise dar, daß man die Zähne, wie in Textfig. 18 geschehen, derart einzeichnet, wie sie sich decken, d. h. so weit von einander entfernt, als im Oberkiefer und Unterkiefer die Zahnmitten voneinander entfernt zu liegen kommen (vergl. hierzu Textfig. 15, die Serie der Taf. II und Textfig. 19).

Der Raum also, den die Unterkieferzähne benötigen, ist viel größer als der von den Oberkieferzähnen beanspruchte, weil die übereinander gelagerten Zahnkeime der Oberkieferzähne beim Kieferkörperwachstum sich mehr nach unten verschieben, während die Unterkieferzähne bei der Verlängerung des Kieferastes fast in einer Reihe hintereinander zu liegen kommen.

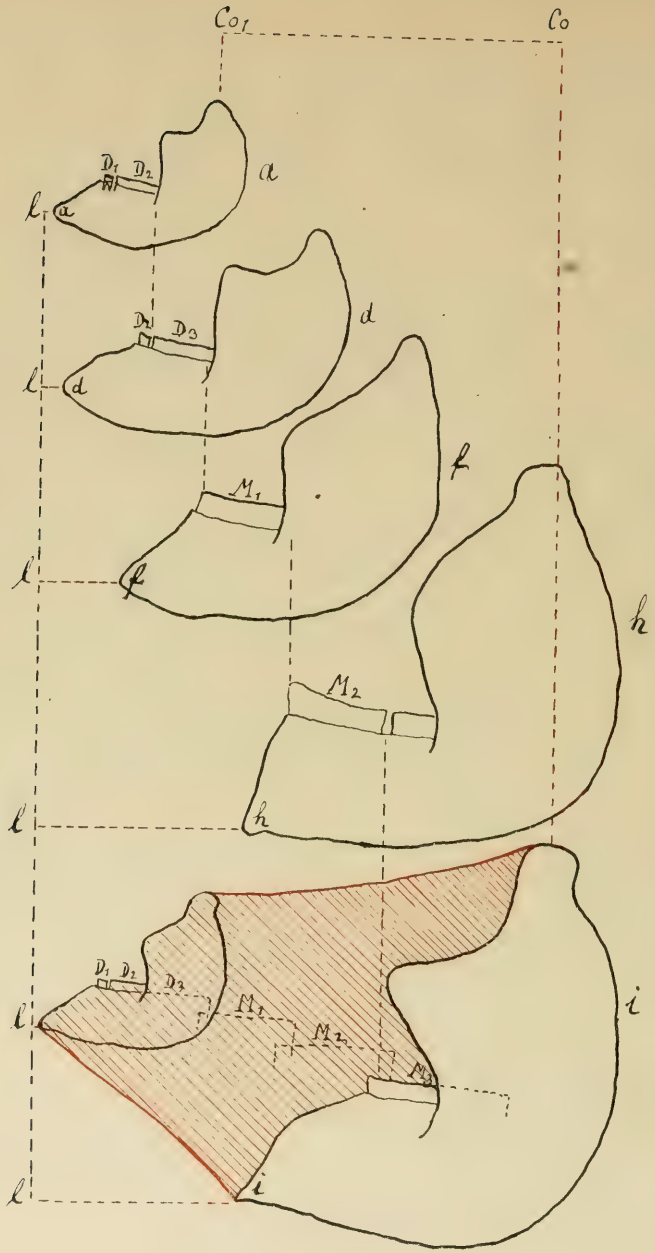
In der Textfig. 19 sind die Stadien *a, d, e, h, i* der Serie auf Taf. II so untereinander gezeichnet, wie in Wirklichkeit die Resorption im Vorderabschnitt des Unterkiefers statthat, wobei am Kieferast vorn und am freien Rande des Alveolarteils ebenfalls Resorption, dagegen am Kieferast hinten und am Kieferkörper unten Anbau erfolgt.

Neben das Stadium *i* ist das jüngste Stadium noch einmal in entsprechender Stellung eingezeichnet.

Die wachsende Entfernung *la, ld, lf, lh, li* zeigt den Grad der Resorption an der Kinngegend vom Neugeborenen bis zum alten Tier an.

Das rotschraffierte Feld hat der Kiefer also unter Abbau und Anbau durchwandert!

Die Linie Co_1—Co zeigt die Strecke an, um welche der Condylus hierbei theoretisch verschoben wird, wenn man das Geschehen unabhängig vom Oberkiefer, also unabhängig von der Tatsache betrachtet, daß der Condylus sich nur so weit nach hinten verschieben kann, als die Linie x—y der Textfig. 17 angibt.



Textfigur 19. Schematische Darstellung des Wachstums des Elefantenunterkiefers.

a, d, f, h, i entsprechen den gleichbezeichneten Stadien der Taf. II.

l bezeichnet eine Grundlinie, die der Kinnspitze des Neugeborenen entspricht. Die Kinnspitzen der Stadien *a, d, f, h, i* entfernen sich von ihr, weil der vordere Teil des Kiefers mitsamt der Wurzel des ausfallenden Zahns resorbiert wird, während der Körper basal anbaut und der Kieferast sich nach hinten verlängert. Hierbei wird der Condylus von Co_1 nach *Co* verschoben.

Links neben dem Stadium *i* ist das jüngste Stadium *a* nochmals eingetragen und der Resorptions- und Appositionsweg rotschraffiert dargestellt, den der Unterkiefer im Laufe des Wachstums zurücklegt.

Co_1—*Co* ist beim Unterkiefer größer als beim Oberkiefer, vergl. Textfig. 17 und 18.

Dürfte der Anbau an der Rückseite des Kieferastes und an der Basis des Körpers sowie der Abbau am freien Rande des Alveolarteils und am vorderen Rande des Kieferastes, in Analogie zu dem Geschehen bei allen Wirbeltieren kaum auf Widerspruch stoßen, so erscheint auf den ersten Blick die Abtragung der Kinnpartie zum mindestens sehr überraschend; und doch ist der Nachweis hierfür ganz besonders einfach.

Erforderlich ist lediglich, zwei Stadien auszuwählen: I. einen Kiefer, in dem der zweite Molar etwa zur Hälfte abgekaut, und der dritte Molar schon in Funktion getreten ist (s. Abb. 28*h* und 38*h* Taf. II). II. einen Kiefer, in dem der zweite Molar verschwunden und der dritte Molar in Funktion ist (Abb. 29*i* und 39*i* Taf. II).

Die Kiefer mit funktionierenden Molaren sind ihrer Größe wegen besonders geeignet zur Beobachtung der Formveränderungen.

Ohne weiteres überzeugt man sich, daß im zweiten Fall der Platz, den der zweite Molar im Kiefer eingenommen hatte, aus dem er nach Wurzelresorption ausfiel, als Delle im Kiefer *i* vorhanden ist.

Wird der Kiefer etwas älter, so verschwindet die ganze Partie, die der zweite Molar eingenommen hatte, durch Resorption.

Die beiden Stadien sind in den Abb. 39*i* und 39*h* auf die Kaufläche eingestellt. Augenfällig ist, daß am Kiefer *i* der vordere zahnfreie Abschnitt um soviel länger ist gegenüber dem Stadium *h*, als der Stumpf des zweiten Molaren Platz beanspruchte. Bei Seitenansicht der Kiefer (Abb. 29*h* und 29*i*) ist der Formunterschied ebenso klar.

Ausgeschlossen ist mithin mit aller Sicherheit die heute geltende Annahme, daß der dritte Molar den zweiten aus seinem Platz verdrängte und sich an seine Stelle setzte.

Sicher ist, daß der dritte Molar auf seinen Platz verbleibend aus dem Kieferast passiv durch Wachstum des Kieferastes frei wird, daß der vordere Abschnitt des Kiefers während und nach der Abnutzung des funktionierenden Zahnes durch Resorption abgebaut wird.

Da dieser Vorgang im Kiefer sich jedesmal wiederholt, wenn ein Zahn ausfällt, und der Nachfolger in Funktion tritt, so legt der Kiefer im Laufe der ontogenetischen Entwicklung vom Neugeborenen zum Greis tatsächlich einen Resorptions- und Appositionsweg zurück, der in der Textfig. 19*i* zur Darstellung gelangte.

Die Textfig. 20 zeigt 2 Stadien der Entwicklung des Schädels. Sowohl für das sehr junge Stadium *a* (Funktion des ersten und zweiten Milchmolaren) wie für das sehr alte Stadium *i* (Funktion des letzten Molaren) sind die Unterkiefer in das Schema eingetragen.

Die Linie Co_1—*Co* über dem Schädel zeigt die im Laufe des Wachstums erfolgende Verschiebung der Unterkiefergelenkfläche am Schädel.

Unter dem Punkt Co_2 ist rot und als a_1 bezeichnet der Unterkiefer *a* und zwar in der Lage eingetragen, in der er sich befinden müßte, wenn am Kiefer nur hinten und unten Anbau, vorn und oben aber kein Abbau stattfände (vergl. Textfig. 19). In diesem Fall müßte das Kinn des rot eingezeichneten Kiefers a_1 zugleich das Kinn des Kiefers *i* bilden. Der Kiefer hätte also in der ontogenetischen Fortbildung gegen den Oberkiefer anwachsen, ihn durchwachsen müssen, oder Maulsperre wäre erfolgt. Da aber vorn und oben Resorption statthat, behält der Kiefer in Wirklichkeit in seiner Wachstumsperiode, die sich durch das ganze Leben hinzieht, annähernd gleiche Gestalt bei und die Unterkieferzähne gelangen zur Artikulation mit den entsprechenden Zähnen des Oberkiefers.

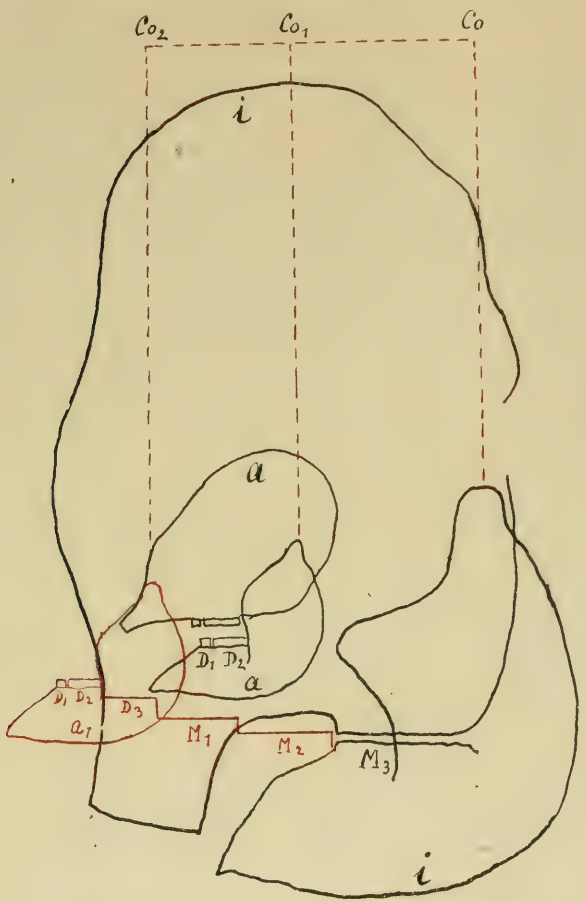
Zur Vervollständigung des Beweismaterials sei noch auf einige Stadien aufmerksam gemacht, die Resorption an der Kinngegend zeigen und das Wachstum des Oberkiefers in seinen Beziehungen zum Schädel klarlegen.

Abb. 41*d* Taf. III zeigt die Kinngegend des Unterkiefers 24*d* Taf. II von vorn. (Der Stummel des zweiten Milchmolaren ist in Abb. 16*d* Taf. I isoliert zur Ansicht gebracht.) Die Kieferresorption am Alveolarrand drückt sich beiderseits durch die unregelmäßige zackige Linie des Alveolarrandes aus.

Abb. 43*h* Taf. III zeigt den Unterkiefer 38*h* (Taf. II) schräg von vorne gesehen. Hier tritt die Resorption von vorn dadurch in Erscheinung, daß die Wurzel des M_2 an einzelnen Stellen völlig freigelegt ist.

Noch eindeutiger ist die Wirkung der am Unterkiefer in der Richtung von vorn her einsetzenden Resorption am Unterkiefer 42*e* Taf. III (25*e* der Serie auf Taf. II), da hier der Alveolarrand noch erhalten, während gleichzeitig unter ihm die Wurzel schon teilweise durch Resorption freigelegt ist.

Die Resorption am Vorderteil des Kiefers zerstört also oft die Alveole ehe die Zahnwurzel durch Wurzelresorption aufgelöst ist. Nun wird der obere Teil der Wurzel, wie aus den Beispielen hervorging, durch Resorption von vorn her angenagt. Die gleichen Faktoren, die Resorption des Kinn-



Textfigur 20. Schematische Darstellung der Veränderungen des Schädels von Elephas vom Neugeborenen zum hohen Alter.

a Stadium von 4 Monaten (Abb. 50a Taf. III), *i* Stadium mit funktionierendem drittem Molar. Rot (a_1) eingezeichnet ist der Unterkiefer des jugendlichen Stadiums *a* und zwar an einer Stelle, an der er sich befinden müßte, wenn man den Resorptionsweg berücksichtigt, den der Kiefer ontogenetisch durchläuft. Würde gleichzeitig mit dem physiologischen Zahnausfall die Kinngegend nicht resorbiert, so müßte die Kinnspitze des Unterkiefers *i* der Kinnspitze des Unterkiefers a_1 entsprechen. Dies ist nicht der Fall, weil die Kinngegend im Laufe des Wachstums resorbiert wird.

Co_2 *Co* stellt die theoretische Verschiebung des Condylus in der ontogenetischen Fortbildung dar. Co_1—*Co* die wirkliche.

abschnittes bewirken, ergreifen auch die ihren Weg kreuzenden Wurzeln. So kann geschehen, daß der Stumpf, am häufigsten beobachtet man dies an der Distalwurzel, durch Resorption von vorne fortfällt, während die Wurzelspitze noch in der Tiefe der Alveole vorhanden ist und sekundär durch Wurzelresorption untergeht.

Dieses Verhalten zeigt deutlich, daß der Zahn bei dem ganzen Vorgang eine passive Rolle spielt, seine Abnutzung folgt diesen Vorgängen nach. Die Abnutzung bewirkt den Ausfall nicht, sie ist eine unabhängige Begleiterscheinung, die mit dem Zahnausfall nichts zu tun hat (s. S. 36).

Nebenbei sei bemerkt, daß die durch Resorption von vorn freigelegte Alveole der Distalwurzel nicht mit einem Rest der Alveole des Vorderzahns verwechselt werden darf (s. Abb. 26*f* und 36*f*).

Für den Oberkiefer zeigt Resorption des Kiefers von vorn her die Abb. 40*d*, in der die Wurzel des zweiten Milchmolarenstumpfes weit über den Alveolarrand hinaus freigelegt ist.

Deutlicher kann wohl nicht zum Ausdruck gebracht werden, daß von einer Verschiebung der Zahnreihe nach vorn gar keine Rede sein kann.

Die Zähne erscheinen hintereinander, weil der Kiefer sie bei seinem Wachstum freigibt.

Die kausalen Momente, die am Schädel Anbau und Abbau veranlassen, sind nicht verschieden von den das Skelett überhaupt beeinflussenden Faktoren.

Anbau findet statt, wo beansprucht wird, Abbau, wo Entlastung eintritt.

Periostreizung durch Zug bedingt Anbau, Druck auf das Periost veranlaßt Abbau.

Beanspruchung des Kiefers durch den wachsenden Gehirnschädel und durch den Kauakt bewirkt Umbau und Vergrößerung, die Folge ist Entlastung im Innern, die zur Ausbildung der Kieferhöhle führt.

Die Muskulatur wirkt nicht nur direkt im Sinne der Ausbildung trajektorieller Bahnen und Knochenanbaues in der Gegend der Ansatzstelle, auch Lupfung des Periostes auf indirektem Wege durch Fascienspannung führt bei der Kontraktion zu Oberflächenanbau.

In den Kiefern wirken ferner die Zähne selbst durch mechanische Einwirkung ihrer Masse auf den Knochen ein.

Die durch die genannten Faktoren bewirkte allgemeine Vergrößerung der Knochenmasse muß aber dazu führen, daß Teile, z. B. der Alveolar-

rand, außerhalb der beanspruchten Regionen zu liegen kommen und abgebaut werden.

Außerhalb des Bereiches der Beanspruchung fällt beim Unterkiefer bei dem enorm starken Anbau in der Gegend des Kieferastes, die auf exzessive Vergrößerung der Zähne zurückzuführen ist, die Kinngegend. An ihr tritt daher in der Funktionsfolge der immer größer werdenden Zähne die Resorption immer deutlicher zutage.

Das Os sacculi dentis bei Elephas.

Hervorgehoben wurde schon, daß mit dem starken Auswachsen der Kiefer nach hinten das Selbständigbleiben des Os sacculi dentis in Zusammenhang steht (s. S. 26).

Das Alveolarperiost baut die Kieferknochen ab, bis genügend Raum für die Zähne und die umgebenden Weichteile geschaffen ist. Dann beginnt das Alveolarperiost selbst Knochen anzubauen. Die benachbarten Zahnsäckchenknochen verwachsen und bilden das zunächst frei im Kiefer liegende Septum interalveolare, das bei Elephas also ebensowenig wie bei anderen Tieren dadurch gebildet wird, daß unter der Resorption von seiten des Alveolarperiostes Kieferknochen stehenbleibt. — Erst in einer Zeit, in der der Kiefer sich nicht mehr über den Zahn hinweg verlängert, tritt Verwachsung des Os sacculi dentis mit dem Kieferknochen ein.

Das Os succuli dentis macht die Drehung des Zahnes um die Querachse, die vor ihm gelegen ist (Textfig. 11, 13, 14) mit, im Unterkiefer außerdem noch die Drehung, durch die der Zahn der Medianebene genähert wird (Textfig. 5).

Die Resorption am Unterkiefer von vorn her kommt noch in anderen Formverhältnissen der Kinngegend zum Ausdruck.

Bei Seitenansicht beobachtet man, daß der Teil des Kiefers, der bei der Funktionsfolge der Zähne in Wegfall kommt, durch eine Ausbiegung der Kurve des Basalrandes angezeigt sein kann. Man vergleiche z. B. die Unterkiefer 30*e* und 30*c*.

Die Form des Kinnes selbst ist in seitlicher Ansicht ganz außerordentlich verschieden. Ich verweise auf Abb. 28*h*, Taf. II, in der die Kinnspitze hakenförmig umgebogen ist, anderseits auf die gerade Spitze in der Abb. 23*c* und das stumpfe Kinn bei 22*b* usw.

Bei Betrachtung der Kinnspitze in Kauflächenansicht des Kiefers zeigen sich ebenfalls Unregelmäßigkeiten in der Form, so in Abb. 36*f* und 37*g*,

die nicht anders als durch unregelmäßige Resorption entstanden gedacht werden können.

Bei der Verlängerung des Oberkiefers nach hinten durch Kieferwachstum beschränkt sich das Geschehen selbstverständlich nicht auf ihn allein, da der Gesamtschädel unter der Entwicklung seiner Komponenten der Gestaltsveränderung unterliegt; auch am Oberkiefer läßt sich nachweisen, daß nicht nur eine Verlängerung rückwärts erfolgt, sondern auch durch Resorption von vorn auf die Gesamtumformung eingewirkt wird. Andernfalls müßte der Gesichtsteil des Schädels bei älteren Stadien wesentlich anders gestaltet sein. Vergleichen wir die Schädel der Abb. 58*c* und 59*d*, die zu den Kiefern 23*c* und 24*d* gehören, so zeigt sich, daß der ältere Schädel 59*d* länger und schmäler ist als der Schädel 58*c*. Ich bemerke, daß beide Schädel völlig gleich orientiert sind. Weiter fällt folgendes auf: der Oberkieferknochen hat sich stark verlängert; der Processus zygomaticus ist nach hinten gewandert; das Foramen infraorbitale liegt weiter nach vorn, die Verbindung der Suturae zygomatico-maxillares (bei *c* ist rechterseits ein Os zygomaticum bipartitum vorhanden) kreuzt bei *c* die Grenze zwischen D_2 und D_3, bei *d* geht sie durch D_3; die Verbindung des Vorderrandes der Suturae zygomatico-temporales kreuzt bei *c* den D_3, bei *d* liegt sie weit hinter dem frei liegenden Teil des D_3; der Oberkieferknochen fällt in der Gegend des Tuber maxillare bei *c* sehr steil ab, bei *d* viel weniger.

Auch am Oberkiefer findet entsprechend dem Geschehen am Unterkiefer Umformung durch Anbau und Abbau statt, mit dem Unterschied, daß die Stoßzähne und der Rüssel mit seiner Widerlagerbildung den vorderen Abschnitt erhalten, und daß eine dem Kieferast entsprechende Verlängerung fehlt.

An den Schädeln 58*c* und 59*d* ist nur ein Maß unverändert geblieben; die Entfernung des vorderen Randes des Kiefers von der Grenze zwischen D_2 und D_3.

Die Entfernung des vorderen Randes des Kiefers vom Rand der Kaufläche des D_2 ist von einem Stadium zum anderen gewachsen, weil der Zahn abgekaut ist.

In der Lageveränderung, die der Zahnkeim durch das Kieferwachstum erfährt, ist die Ursache gegeben, daß das Os sacculi dentis beim Elefanten lange Zeit selbständig bleibt.

Ich verweise nochmals auf die Abb. 55*a*, 56*b* und 57*a* und Abb. 69 Taf. IV von Rhinozeros, in welch letzterer das Os sacculi ebenfalls sichtbar ist. Die Vergrößerung der Zähne mit konsekutiver zeitlicher Verschleppung der Beendigung der Entwicklung führte auch hier zu erst spät eintretender Verwachsung des Os sacculi mit dem Kieferknochen.

E. Lageveränderung des Canalis mandibularis.

Während die Alveolen sich unter dem Zahnwachstum vertiefen, und der Unterkiefer an der Basis anbaut, senkt sich der Mandibularkanal in die Tiefe (vergl. Abschn. III). Beim Elefanten ist dies besonders ausgesprochen, weil der Kanal in allen Entwicklungsstadien der Basis des Kiefers außerordentlich nahe bleibt.

In Abb. 55*a* und 56*b*, die zwei verschiedene Altersstufen darstellen, ist zu ersehen, daß der Kanal ganz oberflächlich gelegen ist. Zugleich ergeben aber die beiden Stadien die Tatsache, daß der Kanal, der im Stadium *a* noch unter der Zahnmitte lag, stark nach medial verschoben worden ist.

Dies ist auf die Zunahme der Entfernung der Kieferäste zurückzuführen, die durch äußeren Anbau bewirkt auf den Kanal keinen Einfluß gewinnt.

Elephas illustriert sehr gut, wie falsch es ist, das Kieferwachstum in der Weise beurteilen zu wollen, daß man eine feste Grenze zwischen Pars alveolaris und Pars basalis annimmt (s. S. 20 u. 21).

Der Zahn wächst in die Pars basalis hinein; der Mandibularkanal verschiebt sich seitlich und senkt sich in die Pars basalis ein; eine Dauergrenze existiert nicht.

F. Abweichungen im Schädelwachstum bei Elephas und ihre Ursache; ihr Einfluß auf die Funktionsfolge der Zähne.

Vergleichen wir die Schädel der Abb. 50, 51 und 52 der Taf. III, so fällt auf, daß der Elefant im Gegensatz zu allen anderen Tieren in der ontogenetischen Umgestaltung der Schädelform steht.

Bei allen Tieren ist das Nervensystem in der Entwicklung weit voran. Beim Embryo beansprucht daher die Anlage des Kopfes etwa die halbe Länge der Gesamtanlage. Dies wirkt noch lange nach, daher ist noch beim Neugeborenen der Gehirnschädel gegenüber dem Gesichtsschädel relativ viel größer als beim Erwachsenen, er überlagert den Gesichtsschädel stärker.

Beim Elefanten ist das Verhältnis beim Neugeborenen und beim Erwachsenen umgekehrt. Der Schädel des etwa 4 Monate alten Tieres (50*a*) ist langgestreckt, niedrig, er stellt ein Oval mit dem längeren Durchmesser in der Jochbogenrichtung dar. Je älter das Tier wird, desto höher wird der Schädel; schließlich stellt er ein Oval dar, dessen langer Durchmesser etwa senkrecht zum Jochbogen steht. S. Textfig. 17 S. 73.

Weiter ist auffallend, daß bei ganz jungen Tieren die Alveolen der Stoßzähne in der Richtung des Jochbogens stehen, während sie beim erwachsenen Tier annähernd im stumpfen Winkel dazu stehen. (Vergl. auch die Textfig. 17.)

Die Erklärung dieser Erscheinungen ist in der Entwicklung des Rüssels und der Stoßzähne gegeben.

Der Rüssel ist bei jungen Tieren unverhältnismäßig kleiner als bei großen. Die Beanspruchung des Schädels durch ihn ist also bei erwachsenen Tieren größer, die Entwicklung des Widerlagers für den Rüssel beginnt später. Hierbei wird der vordere Kieferabschnitt und der Zwischenkiefer mit den Alveolen der Stoßzähne gesenkt.

Die Beanspruchung des Schädels durch die Stoßzähne und den Rüssel führt zu enormem Aufbau an den Schädeldachknochen, die hierdurch wiederum im Innern entlastet werden, wodurch die Bildung ungewöhnlich großer und ausgedehnter Stirnhöhlen veranlaßt wird. Diese bedingen die Höhenzunahme des Schädels.

Andererseits veranlaßt der Rüssel und die Entwicklung der Stoßzähne die Bildung einer mächtigen Nackenmuskulatur und eines Ligamentum nuchae von besonderer Stärke.

Das Zusammenwirken dieser Faktoren vorn (Stoßzähne und Rüssel) und hinten (Muskulatur), die am Schädel angreifen, führt zu einer Schädelverkürzung, die auf die Entwicklung des Oberkiefers nicht ohne Einfluß bleibt.

In diesen Faktoren liegt begründet, daß die Zahnleiste spiralig aufgerollt wird, daß die Keime der Backzähne immer stärker gehoben werden und die Vorgänger überlagern.

Durch die exzessive in der Reihe steigende Vergrößerung der Zähne selbst werden die Einflüsse, welche die Verkürzung des Schädels auf das Gebiß ausüben, noch verstärkt.

Die Schädelverkürzung bewirkt ferner Abänderung der Angriffsrichtung und Umgestaltung der Muskulatur, die am Schädel entspringend sich an

den Unterkiefer anheftet, woraus Entlastung und Abbau in der Kinngegend veranlaßt wird. Durch Abbau der Kinngegend büßte der Unterkiefer die Stoßzähne ein.

Die Kieferverkürzung, beim Menschen in ähnlichem Grade ausgesprochen, aber auf anderen Faktoren (Gehirnwachstum) beruhend, führt zu ähnlichen Erscheinungen (Stellung der Molarenkeime s. S. 19, und Abb. 1 Taf. 1) im Gebiß wie bei Elephas, worauf schon genügend hingewiesen wurde.

Wir haben also keinen Grund, das Geschehen im Gebiß der Elefanten auf Sonderfaktoren zurückzuführen; die einzelnen bei allen Tieren wirkenden Faktoren gelangen nur unter gegebenen Bedingungen in verschiedenem Grade zur Wirkung.

Eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe bei Elephas im Sinne des sog. horizontalen Zahnwechsels ist als eine in keiner Weise begründete, ja dem Geschehen widersprechende Auffassung zurückzuweisen.

Von Zahnwechsel zu sprechen, ist schon deshalb nicht zulässig, weil ein Ersatzgebiß bei Elephas fehlt. Auf die dies bewirkende Ursache werde ich noch zurückkommen.

Bei Elephas findet lediglich eine eigenartige Funktionsfolge der Backzähne statt, die begründet ist in Kieferverkürzung und exzessiver Vergrößerung der Komponenten der Zahnreihe.

IX. Die Funktionsfolge der Backzähne bei Manatus und ihre Ursache.

Die Begründung, warum bei Manatus[1] eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe nicht anzunehmen ist, wurde schon in dem Abschnitt gegeben, der vom sog. »Horizontalen Zahnwechsel« handelt (S. 40 bis 46).

Wenn auch bei Manatus die Zahl der von der Zahnleiste gelieferten Backzähne eine ungewöhnlich große ist, so sind die Gründe, die eine unbegrenzte Zahl oder doch eine Zahl von etwa nur 200 stützen sollen, nicht zwingend; die Beweisführung ließ Fehlerquellen erkennen. Vergleiche den Abschnitt über den sog. »horizontalen Zahnwechsel«.

Über das Vorhandensein eines selbständigen Os sacculi dentis bei Manatus (Abb. 55 Taf. IV) wurde im Kapitel über das Os sacculi berichtet. Nach den schon bei Elephas angegebenen Ursachen, die bewirken, daß

[1] Prioritätsgründe haben die moderne Nomenklatur veranlaßt, Manatus als Trichechus zu bezeichnen!

der vom Alveolarperiost gelieferte Knochen mit dem Kieferknochen erst spät verwächst und als selbständige Bildung in Erscheinung tritt, genügt es, bei Manatus darauf hinzuweisen, daß bis ins Alter noch in Entwicklung begriffene Zahnkeime bei ihm die gleiche Erscheinung bewirken.

Das Maximum der Molaren haben wir für Manatus auf 15 in jeder Reihe berechnet.

Da der Kiefer sich dauernd durch Wachstum in der Astgegend verlängert, und zwar in der gleichen Weise, die uns bei allen Tieren entgegentritt, besteht kein Grund, für das Freiwerden der Molaren bei Manatus besondere Faktoren in Anspruch zu nehmen; die Annahme einer Vorwärtsbewegung der Zahnreihe ist überflüssig.

Übrig bliebe für Manatus mithin nur die auffallende Erscheinung, kausal zu begründen, daß im vorderen Abschnitt des Kiefers ein allmählicher Ausfall von Molaren statthat.

Hier ist zunächst festzustellen, daß weder eine zeitliche noch eine kausale Beziehung zwischen dem Zahnausfall vorn und der Zahnproduktion am Ende der Zahnreihe nachweisbar ist.

Dem Grad der Abnutzung der jeweils vorderen Zähne und dem Fortschreiten der an ihnen bemerkbaren Wurzelresorption entspricht nicht der Stand der Entwicklung des Zahnkeims am Ende der Zahnreihe. Vergl. die Gebisse von Manatus in den Abb. 70 bis 75. Im Gebiß von Manatus seneg. und von Manat latir., von denen das erste die Maximalzahl, das zweite die Minimalzahl funktionierender Zähne aufweist, ist die Abnutzung der Vorderzähne sehr gering, die Kronenform z. T. noch sehr gut erkennbar. Am stärksten abgenutzt sind die Vorderzähne bei Man. inunguis mit einer mittleren Zahl funktionierender Zähne.

Einem Ausfall vorn entspricht auch nicht ein Zahndurchbruch hinten; beide Vorgänge erscheinen völlig unabhängig von einander, eine Tatsache, die auch Hartlaub bestätigen konnte.

Schon dieser Nachweis spricht gegen die Annahme, der gleiche Faktor verursache beide Erscheinungen, oder Entwicklung und Ausfall stünden in Abhängigkeit im Sinne von Ursache und Wirkung.

Der Ausfall der vorderen Molaren variiert bei den verschiedenen Manatusarten und bei Individuen einer Art; daher schwankt auch bei einer Art die Zahl der funktionierend getroffenen Zähne in gewissen Grenzen. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß jede Alveole eines vorderen Zahns

im Schädel nicht aussagt, der zugehörige Zahn habe bei Lebzeiten funktioniert, worauf ich noch zurückkomme.

Verhältnisse nun, die konstant bei allen Manatusarten an den Wurzeln gefunden werden, lassen einen Schluß auf die Ursache des Zahnausfalls zu.

Die jüngsten im Kieferast liegenden Zahnkeime zeigen fortschreitend von hinten nach vorn zunehmende Wurzelentwicklung. Die jüngsten funktionierenden Zähne besitzen noch Wurzeln mit offener Pulpahöhle; in der Mitte der Zahnreihe pflegen die Wurzeln ihr Wachstum beendet zu haben, und zwar ist die vordere Wurzel länger als die hintere und stark rückwärts gebogen.

In der vorderen Hälfte der Zahnreihe beobachtet man, daß die Wurzeln zunehmend an den älteren Zähnen stärker resorbiert sind und zwar beginnt die Resorption an den hinteren Wurzeln, die früher ihr Wachstum beenden.

Der zweitvorderste Zahn besitzt daher immer kürzere Wurzeln als der dritte Zahn der Reihe; immer ist bei ihnen die vordere Wurzel länger als die hintere; infolge Resorption erscheinen sie angenagt. Da die seitlichen Abschnitte der Wurzeln dickere Wände besitzen, auf dem Querschnitt sind sie biskuitförmig, wird die mittlere Partie der Wurzel rascher resorbiert als die seitlichen massiven Pfeiler; die Wurzel erscheint daher durch Einwirkung der Resorption oft zweizipflig. Hierdurch kann das Bild einer geteilten Wurzel vorgetäuscht werden, was Veranlassung gab, bei Manatus geteilte Wurzel als typische Form im Unterkiefer zu beschreiben (Stannius, Beiträge zur Kenntnis des amerikanischen Manatus, Rostock 1846).

Ausnahmslos nun findet man bei Manatus, daß der jeweils vorderste Molar der Reihe (es sei denn, daß sein Vorgänger ganz kurze Zeit vorher erst ausfiel) im Gegensatz zu den anderen Molaren an der vorderen Wurzel stärkere Resorptionserscheinungen aufweist.

Dabei erkennt man aber, daß die meist fast völlig fehlende vordere Wurzel nicht dadurch eliminiert ist, daß sie fortschreitend von unten her rasch aufgelöst wurde; vielmehr ist sie durch horizontal verlaufende Resorption, die an der Grenze zwischen der medialen und vorderen Wand unmittelbar unter der Krone in der Höhe von etwa 2 mm angreift, förmlich durchschnitten. Abb. 60 zeigt den vorderen Zahn von Man. inunguis: die Wurzel ist durch Querresorption glatt entfernt worden; in der

Alveole der Wurzel steckte noch ein Rest der von allen Seiten angenagten Wurzel.

Abb. 66 zeigt den vorderen Zahn von M. senegalensis von der lateralen Seite. Hier ragt noch eine kleine Zacke herab; von medial gesehen ist die Wurzel glatt weggefressen.

Untersucht man Tiere, bei denen der Vorderzahn vor kurzem erst ausgefallen war, so sieht man deutlich, daß an der vorderen Wurzel des Zahnes, der nunmehr die Reihe beendet, unterhalb der Krone vorn medial Resorption einsetzt, welche durchschneidend die Wurzel von der Krone trennt.

Diese Erscheinung läßt nur eine Erklärung meinem Ermessen nach zu, nämlich die, daß die wachsende Hornplatte des Kiefers die Wurzel angreift

Die in der vorderen Hälfte der Zahnreihe von hinten nach vorn zunehmende Wurzelresorption, welche die hinteren, die zuerst fertiggestellten Wurzeln, zuerst befällt, dürfte als Alterserscheinung, als physiologische Wurzelresorption anzusehen sein; sie geht langsam vor sich und spricht gegen die Annahme einer unendlich großen Anzahl von Zähnen bei Manatus, von denen jeder eine sehr kurze Lebensdauer haben müßte.

Wie stets bei der physiologischen Wurzelresorption geht sie Hand in Hand mit Ausfüllung der Alveole durch Knochenmassen; niemals findet man etwa, daß zwischen der durch Resorption reduzierten Wurzel und der Alveolarwand ein freier Raum vorhanden wäre, den Weichteile ausfüllten.

Typisch für die vordere resorbierte Wurzel des jeweils vordersten Zahnes bei Manatus ist, daß die Alveole der fehlenden vorderen Wurzel ganz weit und tief ist. Bei meinem Schädel von Man. inunguis, den ich selbst mazerierte, konnte ich in der Alveole noch einen Wurzelrest nachweisen. Bei Elephas hatte ich hervorgehoben, daß ab und zu die gleiche Erscheinung durch Resorption der Wurzel von vorn vorkommt.

Wir werden nicht fehlgehen, wenn wir die horizontale Resorption bei Manatus, die zur Abtrennung der vorderen Wurzel von der Krone beim jeweils vordersten Zahn führt, auf das Wachstum der Kieferhornplatten zurückführen.

Die Alveole schließt sich erst, nachdem der in ihr verbleibende Wurzelstumpf aufgesogen ist. An mazerierten Schädeln pflegt nach Entfernung der Hornplatte der Wurzelstumpf aus der Alveole herauszufallen, die Alveole wird daher leer gefunden.

Abb. 70 (M. seneg.) und 71 (M. latir.) zeigen durch die Modellierung der vorderen Kieferpartie, daß die Hornplatte bis zu den Molaren heranreicht. Beim jugendlicheren Schädel von M. inunguis (Abb. 74) ist die Modellierung, welche die Anheftung des Bindegewebes zwischen Platte und Knochen bei älteren Tieren bewirkt, noch nicht vorhanden. (Daß das Tier sehr jung ist, ersieht man daraus, daß der zweite Molar noch in Funktion ist; vor ihm ist am Oberkiefer noch die Alveole des für diese Art charakteristischen stiftförmigen ersten Molaren zu sehen.)

An den dreiwurzligen vorderen Molaren des Oberkiefers spielen sich die gleichen Vorgänge ab wie im Unterkiefer.

Textfigur 21. Vorderer Teil des Unterkiefers eines Manatus senegalensis (Lübeck) aus Hartlaub.

Die Hornplatten, von fischbeinartiger Struktur, eine den Manati eigentümliche Bildung, stehen also im Kampf mit den vorderen Molaren um den von ihnen eingenommenen Raum.

Die Hornplatten wachsen gegen den Zahnhals vor und bringen ihn zur Resorption. Sie überwachsen die Alveole des ausfallenden Zahnes.

Daher findet man im Bereich der Hornplatte, auf der Symphysenplatte am Schädel oft noch Alveolen, woraus nicht etwa geschlossen werden darf, wie Hartlaub tut, daß in diesen Alveolen funktionierende Zähne im Bereich der Platten gesessen haben, die am Schädel ausgefallen seien.

Textfig. 21 gibt einen derartigen Fall nach Hartlaub wieder; berücksichtigt man nicht, daß bei Durchtrennung der Wurzeln durch das Vorwachsen der Hornplatte unter dieser eine Alveole sich lange Zeit erhalten kann (bis die Wurzel resorbiert ist), so gelangt man zu falscher Zählung der funktionierenden Molaren.

In dem Kampf zwischen Molaren und Hornplatten werden die vorderen Molaren oft lateralwärts verdrängt, wofür Abb. 71 ein gutes Beispiel ist. Die Zahnreihen divergieren im vorderen Abschnitt.

Fälle, in denen die Alveolen von Molaren auf der Symphysenplatte des Unterkiefers gefunden werden, scheinen dafür zu sprechen, daß auch bei Manatus wie bei Elephas eine Resorption an der Kinngegend des Unterkiefers statthat, die in Beziehung zu dem steten hinteren Anbau durch den Kieferast stehen dürfte.

Wie sollte anders möglich sein, daß, wie im Fall der Textfig. 21, die Alveolen so weit vorn stehen. Das Wachstum der Hornplatten erklärt, wie Alveolen unter sie gelangen, nicht aber ihre geringe Entfernung vom Kinn.

Entwicklungsserien fehlen leider zur endgültigen Entscheidung dieser Frage, die gewiß im angegebenen Sinn ihre Lösung finden wird.

Auch bei Manatus finden wir also kein Geschehen, das grundsätzlich im Gegensatz stünde zu Beobachtungen an anderen Tieren.

Besonderheiten sind gewiß vorhanden, die erhöhte Zahl der Molaren und die Bildung von Hornplatten. Diese Spezialisierungen haben Erscheinungen im Gebiß zur Folge, die Manatus eigentümlich sind. Die Annahme eines horizontalen Zahnwechsels ist völlig überflüssig zur Erklärung des Geschehens und, wie wir sahen, irrig.

X. Die Funktionsfolge der Backzähne von Phacochoerus und ihre Ursache.

Auch Phacochoerus gehört zu den Tieren, die auf Spezialisierung beruhende Besonderheiten in der Funktionsfolge der Backzähne aufweisen, ohne daß die Vorgänge im Gebiß grundsätzlich im Gegensatz zu sonstigem Geschehen stünden.

Phacochoerus unterscheidet sich von Elephas durch den Mangel der Kieferverkürzung. Gemeinsam mit Elephas ist Phacochoerus eine von vorn nach hinten an den Backzähnen zunehmende Plusvariation in der Zahngröße. Finden wir beim Elefanten die Backzähne durch starke Faltung charakterisiert, so ist bei Phacochoerus starke Höckervermehrung und Höckererhöhung vorhanden (Abb. 76 bis 83, Taf. V).

Die Zunahme der Zahngröße hat bei Phacochoerus wie bei Elephas zu einer Kiefererhöhung im Bereich besonders der hinteren Molaren geführt.

Hand in Hand mit der Kiefererhöhung geht eine Entlastung der freien Alveolarränder gegenüber der Stelle, an welcher der Anbau statthat, der die Kiefererhöhung ausmacht.

Daher wird am Kiefer oben abgebaut. Dieser Abbau findet aber erst spät statt; entwickelt sich der letzte Molar doch erst bei erwachsenen Tieren.

Bei Phacochoerus wird das Milchgebiß in der Entwicklung durch die Folgen der Zahnvergrößerung wie auch bei Elephas nicht betroffen.

Selbst die Prämolaren kommen ungestört zur Entfaltung.

Übereinstimmung mit Elephas und Manatus zeigt Phacochoerus insofern, als die kleineren frühzeitig ihr Wachstum beendigenden Backzähne in derselben Reihenfolge der Wurzelresorption anheimfallen.

Da bei Phacochoerus Schneidezähne und Eckzähne vorhanden sind, vorn am Kiefer also kein Abbau statthaben kann, liegt hier reine Wurzelresorption in der Richtung von Wurzelspitze zur Krone vor.

Durch Wurzelresorption (physiologische) fallen die Backzähne bis auf den mächtigen M_3 aus, der bei alten Tieren allein die Funktion versieht.

Bei Phacochoerus bildet sich ebenso wie bei Elephas eine Distalwurzel aus (Abb. 81, 82, 77). Doch findet bei ihm eine Drehung des Zahns um eine Querachse, die durch den Zahn geht (vergl. Textfig. 4) nicht statt, was sich durch die Richtung der Kauflächen zu den Zylindern nachweisen läßt, wenn man einen abgekauten und einen eben durchgebrochenen M_3 vergleicht (Abb. 80 und 82). Distalwurzelbildung und Auswachsen der Zylinder bewirken gleichmäßige Hebung des Zahnes.

Da die Kiefer nicht verkürzt sind, entwickelt sich die Zahnreihe nicht in einer Kurve, sondern annähernd gerade.

Die Besonderheiten von Phacochoerus beruhen also nur darauf, daß die enorme Größenzunahme in der Reihe der Backzähne zu Kiefererhöhung führt. Infolgedessen baut der Kiefer am freien Rande entsprechend der Entlastung ab, die kleineren hypselodonten Zähne werden bis zur Wurzel freigelegt, die selbst der Resorption verfällt.

Auffallend ist, daß hypselodont werdende Molaren und Prämolaren doch der physiologischen Wurzelresorption verfallen, während bei anderen Schweinen einfache brachyodonte Zähne viel länger bestehen. Lebt Phacochoerus länger als andere Schweine?

Hat die Vergrößerung des Hinterzahns einen Einfluß auf das Gefäßnervenbündel des kleineren Vorderzahnes und bewirkt frühzeitige Wurzel-

resorption? Steht die besondere Entwicklung der Hauer hiermit in Beziehung, oder beeinflussen beide Faktoren das Geschehen?

Am Kiefer (Abb. 77, Taf. V) von Phacochoerus ist ersichtlich, daß die Alveole des Hauers weit unter die Molaren, bis an die Alveole des großen dritten Molaren heranreicht. Die in der Abbildung vor dem dritten Molaren freigelegten, etwa im Viereck stehenden Resorptionslöcher der Spongiosa führen in die Alveole hinein. Die Wurzel des Hauers unterwächst also die Wurzeln der Prämolaren und der Molaren bis auf den letzten. Dieser Vorgang kann nicht gut ohne Einfluß auf die Nervengefäßbündel sein, die zu den Wurzeln der Zähne gelangten, nunmehr aber über der Hauerwurzel zu liegen kommen. Nur Untersuchung frischen Materials gestattet eine Entscheidung der vorgelegten Fragen.

XI. Warum fehlen Elephas die Prämolaren?

Die Untersuchungen über das Geschehen am Kiefer und am Gebiß von Elephas sind geeignet, einen Einblick in die Frage zu geben, warum beim Elefanten die Prämolaren fehlen.

Wir sahen, daß beim physiologischen Ausfall der Backzähne die vorderen Abschnitte des Unterkiefers ebenfalls abgebaut werden. Da nun die Prämolaren zwischen den Wurzeln der Milchmolaren zur Entwicklung gelangen, müssen mit dem Verlust der gesamten ihnen entsprechenden Kieferabschnitte auch die Prämolaren zugrunde gehen.

Im Oberkiefer findet ebenfalls Resorption des Kieferteils statt, der die Milchmolaren beherbergte, und veranlaßt den Verlust der Prämolaren. Doch hier ist der Nachweis des Fortfalls dieser Kieferabschnitte nicht so einfach als im Unterkiefer, weil an ihre Stelle andere Knochenmassen treten, die durch Wirkung der Stoßzähne und des Rüssels gebildet werden.

Besteht die Ableitung der Ursache für den Verlust der Prämolaren zu Recht, so müßten uns die verschiedenen Wachstumswege, die der Kiefer phylogenetisch einschlägt, klarlegen, warum in der Elefantenreihe bei den ältesten Vertretern noch Prämolaren vorhanden sind, warum in den zeitlich folgenden Gruppen Vertreter mit und ohne Prämolaren existieren und bei Elephas selbst mit einer oder zwei Ausnahmen Prämolaren stets vermißt werden.

Die vergleichende Knochenforschung bietet dadurch immer wieder neue Reize, daß die Modellierung des Knochens ausnahmslos ihre Erklärung in

mechanischen Ursachen besitzt, die der Untersuchung zugänglich sind. Die Forschung wird durch Vererbungsfaktoren nicht so sehr gestört wie bei anderen Organen, weil Vererbung nur indirekt wirkend in Betracht kommt.

Diese Behauptung bedarf wohl einer Erklärung.

Bei der Zahnform spielt die Vererbung dadurch eine Rolle, daß die Anordnung der Zellen, welche die Ablagerung der Hartsubstanzen bestimmen, erblich fixiert wird und dem Schmelz nach seiner Fertigstellung zellige Elemente fehlen.

Der fertige Zahn kann wohl noch anbauen (sekundäres Dentin, Zementauflagerung), an ihm kann Abbau stattfinden (Wurzelresorption), der Schmelz aber als zelloses, unveränderliches Gebilde drückt dem Zahn starre Gestalt auf.

Anders beim Knochen.

Auch beim Knochen wird durch Vererbung eine gewisse Masse von knochenbildendem Gewebe an ererbtem Platz entwickelt; am funktionierenden Knochen aber wird alles abgebaut, was nicht beansprucht wird, überall wird angebaut, wo Beanspruchung statthat, weil im Knochen die Beanspruchung die Osteoblasten, die Entlastung die Osteoklasten weckt. Lupfung am Periost verursacht Anbau, Druck auf das Periost Abbau[1].

Die Gestalt des Knochens ist also von der Vererbung nur indirekt abhängig insoweit, als die Faktoren, welche den Knochen beanspruchen, vererbbar sind. Diese Faktoren sind gegeben in statischen und dynamischen Kräften, die im Organismus zur Entfaltung gelangen.

Auf unser Beispiel, den Unterkieferknochen, übertragen, bedeutet dies, daß die Form der Mandibula bestimmt wird:

1. Durch direkte Beanspruchung der Kiefer durch die Muskulatur, die qualitativ abhängig ist von ihrer Mächtigkeit und ihrer Angriffsrichtung.

2. Durch die Belastung, die der Kiefer von seiten in und an ihm sich entwickelnder Zähne oder anderer Bildungen des Integuments erfährt, wobei wiederum Größe, Gewicht und Lage der Gebilde die Sachlage modifiziert.

3. Durch die Beanspruchung beim Kauakt, die durch gemeinsame Wirkung der Faktoren des Unter- und Oberkiefers ausgelöst wird.

Hierfür einige Beispiele:

Je mehr der Gehirnschädel den Gesichtsschädel überlagert, desto mehr nähert sich die Angriffsrichtung der Kaumuskulatur einer auf der Kau-

[1] Anat. Anz. Bd. 49, Nr. 18. Aichel, Beitrag zur Abänderung der Knochenform durch physiologische Reizung des Periostes.

ebene Senkrechten, je weniger eine Überlagerung des Gesichtsschädels durch den Gehirnschädel zutage tritt, desto mehr senkt sich die Angriffsrichtung der Muskulatur auf die Kauebene. Entsprechend der hierdurch bewirkten verschiedenen Beanspruchung wird im ersten Fall der Kiefer im Kieferast und den benachbarten Abschnitten des Kieferkörpers besondere Ausbildung erfahren, die vorderen Partien werden aber als außerhalb des Bereiches der Beanspruchung fallend resorbiert werden (Elephas).

Hierauf beruht z. B. auch, daß der Affe kein Kinn besitzt: die Beanspruchungsbahnen beider Seiten kreuzen sich unter und proximal von der Zahnreihe.

Für die besondere Oberflächenmodellierung des Kinns des Menschen kommt die auf es selbst wirkende Muskulatur in Betracht (die äußere, nicht die innen ansetzende). Die allgemeine Tatsache, daß beim rezenten Menschen ein Kinn vorhanden ist, beruht darauf, daß die Beanspruchungsbahn, die durch die Angriffsrichtung der Muskulatur gegeben ist, unter oder gar vor die Zahnreihe fällt.

Kürze und Länge der Zahnreihe, die abhängig ist von Zahl und Größe der Zähne und den Lagerungsverhältnissen dieser, bezeichnet also einen zweiten Faktor.

Zahnvergrößerung in der Molarenreihe z. B. bei Elephas führt zu Kiefervergrößerung durch Belastung und stärkere Beanspruchung durch die konsekutiv sich vergrößernde Muskulatur. Folge der Vergrößerung ist Abänderung der Verteilung der Beanspruchungsbahnen und damit wiederum Abbau an nicht belasteten Stellen.

Stellen wir uns vor, daß die Molarenvergrößerung in einer Zeit einsetzt, in der Schneide- und Eckzähne keine Spezialisierung erworben haben, so werden bei Fortfall der vorderen Kieferpartie die Zähne verschwinden, deren Zahnkeime im Bereiche der in Wegfall kommenden Kieferpartie liegen.

Ist aber durch Variation der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe ein Zahn spezialisiert, hat sich ein Stoßzahn gebildet, — vor Einsetzen der Veränderung in der Lagebeziehung des Gehirnschädels zum Gesichtsschädel oder vor Einsetzen der Größenvariation der Molaren, — so geben die Stoßzähne durch die von ihnen ausgehende Beanspruchung zur Erhaltung der vorderen Kinnpartie Veranlassung, wobei die Erhaltung der zwischen Stoßzähnen und Molaren liegenden Zähne davon abhängig ist, ob sie in den Bereich der Beanspruchung zu liegen kommen oder nicht.

Wir müssen also bei Elephas feststellen können, daß Prämolaren vorhanden sind, wenn Faktoren existieren, die ihren Kieferabschnitt durch Beanspruchung konservieren, daß sie fehlen, wenn dieser mangels Beanspruchung in Wegfall kommt.

Fehlen der Prämolaren wird also begünstigt werden durch Größenzunahme der Molaren und steile Angriffsrichtung der Muskulatur, Faktoren, die Erhöhung des Kieferkörpers in der Nähe des Kieferastes und Steilstellung des Astes bewirken, woraus wiederum Entlastung der Kinngegend resultiert. Trotz Wirkung dieser Faktoren können Prämolaren vorhanden sein, wenn untere Stoßzähne sich erhielten, und zwar kraft ihrer Beanspruchung.

Fehlen der unteren Stoßzähne bei Existenz der Molaren würde bedeuten, daß der Abschnitt, in dem die Prämolaren sitzen, durch Kleinheit der Molaren oder durch schräge Angriffsrichtung der Muskulatur noch in das Beanspruchungsgebiet des Kiefers gefallen ist, während nur die Schneide- und Eckzähne fortfielen, weil ihr Entwicklungsbett im Kiefer nicht beansprucht und somit resorbiert wurde.

Soweit meine Kenntnis reicht, bestätigt die Paläontologie diese Ableitungen. Diejenigen Vertreter der Proboscidier, die untere Stoßzähne ausgebildet haben, besitzen auch Prämolaren. (Dinotherium, Mastodon angustidens, longirostris, productus usw.)

Vertreter ohne untere Stoßzähne oder mit geringen, nur in der Jugend auftretenden Rudimenten von solchen besitzen fast durchweg keine Prämolaren. (Mast. Americanus, Andium, sivalensis und fast alle Stegodon- und Elephasarten.)

Bei Ausnahmen wäre zu prüfen, ob Lage und Größe der unteren Stoßzähne oder Richtung der am Kiefer angreifenden Muskulatur die Erhaltung der Prämolaren veranlaßte, indem das Gebiet des Kiefers, das sie birgt, in den Beanspruchungsbereich des Kiefers fiel.

Zur Entscheidung dieser Fragen ist notwendig, das vorhandene, weit zerstreute Material unter diesen Gesichtspunkten durchzuprüfen.

XII. Zusammenfassung.

Zum Verständnis der Vorgänge am Gebiß und Kiefer, zum Nachweis, daß bei allen Säugetieren grundsätzlich gleiches Geschehen statthat, zur Klarlegung, daß anscheinend grundsätzliche Unterschiede nur auf verschiedenartiger Wirkungsweise gleicher Faktoren beruhen, war für diese Abhand-

lung notwendig, die Vorgänge an gutbekannten Tieren, besonders dem reichlicher als Tiermaterial zur Verfügung stehenden menschlichen Material, zu analysieren.

Der Zahndurchbruch wird unmittelbar lediglich durch zwei Momente veranlaßt, erstens durch kronenwärts gerichtetes Wachstum der sich vergrößernden soliden Zahnkappe, zweitens durch Resorption am freien Rande des Alveolarteils des Kiefers. Mittelbar beteiligt ist erstens im Oberkiefer das Wachstum des Kieferkörpers, im Unterkiefer das Wachstum des Basalteils, zweitens das Tiefenwachstum der Zahnwurzeln, insofern, als hierdurch der freie Rand des Alveolarteils außerhalb des Bereiches der Beanspruchung fällt und resorbiert wird. Textfig. 1, S. 16.

Das Wachstum des Kiefers erfolgt während der Zahnkeimbildung unter Erhöhung des Alveolarteils und des Basalteils durch äußeren Anbau. Zwischen Basalteil und Alveolarteil besteht keine feste Grenze; der Alveolarteil zieht im Wachstum dauernd Teile des Basalteils in sein Bereich, wobei der Mandibularkanal im Unterkiefer Lageverschiebung erleidet und am freien Rande des Alveolarteils Abbau statthat.

Das Wachstum des Kieferkörpers ist abhängig von seiner Beanspruchung durch Belastung von seiten der Zähne, durch direkte und indirekte Wirkung der Muskulatur, durch Belastung von seiten der Nachbarregionen.

Der Kieferast des Unterkiefers wächst durch vom Condylus ausgehende Verlängerung, schräg nach hinten und oben; vorn findet an ihm Resorption, hinten Anbau statt, und zwar je nach Kraft und Angriffsrichtung der Kaumuskulatur. Die Angriffsrichtung der Kaumuskulatur ändert sich mit der in der Ontogenese erfolgenden Abänderung der Lagebeziehungen des Gesichtsschädels zum Gehirnschädel.

Die Höhe des Kieferastes ist von zwei Momenten abhängig: erstens von dem Höhenwachstum des Kieferastes selbst, zweitens von der Resorption am freien Rande des Alveolarteils, die beim Durchbruch jeder Zahngeneration auffällig, im übrigen dauernd, entsprechend der Zunahme der Basis, unter ihrer Beanspruchung statthat; Zunahme des Basalteils der Kiefer führt zu Entlastung des freien Alveolarrandes. Textfig. 2, S. 24.

Die Form der Kinngegend ist abhängig von der Lage der Beanspruchungsbahnen des Unterkiefers zum Zahnbogen. Schneiden sich die Beanspruchungsbahnen hinter dem vorderen Rand des Zahnbogens, so ist der Kiefer kinnlos, schneiden sie sich unter oder vor ihm, so ist ein Kinn

vorhanden. Die an der Kinngegend selbst sitzende und über sie hinweggehende Muskulatur ruft spezielle Modellierung der Kinngegend hervor, ohne die Kinnbildung selbst zu veranlassen.

Die Alveolenbildung erfolgt zunächst durch Resorption des Kieferknochens, die durch Elemente des zum Zahnkeim gehörenden Alveolarperiostes besorgt wird. Später wird die Alveole durch Knochenanbau von seiten des Alveolarperiostes wieder verkleinert. Der vom Alveolarperiost gebildete Knochen verwächst in den Fällen, in denen der Zahnkeim zu dieser Zeit schon seine endgültige Lage besitzt, unmittelbar mit dem Kieferknochen. Ist dies nicht der Fall, so bleibt der vom Alveolarperiost gelieferte Knochen bis zur definitiven Lagerung des Zahnkeimes selbständig. Er ist als ein besonderer Knochen des Skeletts zu betrachten, da er mit der Anlage des Kieferknochens genetisch nichts zu tun hat. Ich bezeichne ihn als Os sacculi dentis. In den Abbildungen 54 (Manatus), 53 f, 55 a, 56 b, 57 a (Elephas), Taf. IV und 69 (Rhinozeros), Taf. IV ist das os sacculi zu sehen.

Funktionelle Unterschiede im Gebiß werden durch sehr verschiedene Faktoren hervorgerufen.

Die Ansicht, daß Zahngröße und Zahnform kausale Folgezustände eines Nahrungswechsels seien (Differenzierungshypothese) ist abzuweisen, auch Konkreszenz als Faktor für die phylogenetische Entstehung der Zahnform ist nicht erwiesen.

Abgesehen von primärer Bildung von Höckerzähnen unter mechanischer Beeinflussung der Zahnkeime von seiten der Umgebung in einer Zeit, in der Zahngröße und Zahnform erblich noch nicht fixiert war, entstehen neue Formen nur durch Variation der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe.

Plusvariation in der Zahngröße beeinflußt den Kiefer durch stärkere Beanspruchung. Abänderung der Kieferform kann die Zahngröße beeinflussen. Variation des Integumentes (z. B. Hornplattenbildung) beeinflußt die Zahnentwicklung.

Zeitliche Unterschiede in der Funktion des Gebisses beruhen zunächst auf Differenzen im Beginn und in der Intensität der Entwicklung der Zahnkeime.

Die Funktionsdauer eines Zahnes ist abhängig von der Zahngröße, Zahnform, Zahnstruktur, und von der Qualität der Nahrung.

Abgesehen davon, daß ein Zahn durch völlige Abnutzung außer Funktion gesetzt wird, fällt nachweisbar auch ein gesunder, nicht abgenutzter Zahn zu annähernd bestimmter Zeit aus.

Dieser physiologische Zahnausfall wird durch Wurzelresorption eingeleitet.

Je eher eine Wurzel ihr Wachstum beendet, desto eher verfällt sie nach einer gewissen Zeit der Resorption. Dies hat auch Gültigkeit für die einzelnen Wurzeln eines jeden Zahnes; bei Manatus und Elephas z. B. sind diese Vorgänge besonders deutlich, bei ihnen werden die Wurzeln sukzessive von vorn nach hinten ausgebildet und in der gleichen Reihenfolge resorbiert. Auch bei manchen Tieren und dem Menschen ist physiologische Wurzelresorption und physiologischer Zahnausfall nachweisbar. Beim Menschen ist diese Erscheinung als chronische Wurzelhautentzündung mit ihren Folgen betrachtet worden, von der sie sich klinisch und mikroskopisch nicht unterscheidet.

Bei den meisten Tieren kommt der physiologische Zahnausfall nicht zur Beobachtung, weil sie nicht das erforderliche Alter erreichen; die Tiere sterben sehr selten wohl nur eines physiologischen Alterstodes. Außerdem scheiden die Tiere aus, die dauernd wachsende Zähne besitzen; zu den dauernd wachsenden Zähnen sind auch alle Übergänge zur Hypselodontie zu rechnen. Besondere Größenvariation der Zähne, die stets mit Verlangsamung der Zahnvollendung einhergeht, bewirkt ebenfalls, daß solche Zähne selbst bei physiologischer Todesursache noch funktionsfähig sein können.

Der sogenannte »Horizontale Zahnwechsel«, der auf einer, durch Druck der wachsenden, nachfolgenden Zahnkeime ausgelösten Vorwärtsbewegung der Zahnreihe beruhen soll, wobei angenommen wird, daß am Interalveolarseptum hinten abgebaut, vorn angebaut wird, existiert nicht. Der hypothetische horizontale Zahnwechsel ist aufgestellt worden, weil die Kieferlänge und die Länge der Zahnreihe bei Manatus und Elephas nicht übereinstimmt, die Zahnreihe länger erscheint als der zur Verfügung stehende Raum im Kiefer. Die hypothetische Zahnbewegung sollte die Differenz ausgleichen.

Bei Manatus wurde auf Grund unhaltbarer Berechnungen eine ungeheure Zahl von Molaren (etwa 200 im ganzen Gebiß) als typisch angenommen. Die Maximalzahl beträgt aber für jede Zahnreihe nur 15.

Im Widerspruch mit der Hypothese stand, daß trotz der unter Druck von seiten der hinten sich entwickelnden Zahnkeime angenommenen Vor-

wärtsbewegung der Zahnreihe die Interalveolarsepta und die Intraalveolarsepta unverändert bleiben; so mußte die Hypothese Anbau an der Vorderwand der Septa zu Hilfe nehmen, eine Erscheinung, die weder erwiesen noch kausal begründet wurde.

Druck der nachfolgenden Zähne auf die vorderen soll nach der Hypothese die hinteren Wurzeln zur Resorption bringen. Resorption findet aber gerade bei den Zähnen, die vor den sich entwickelnden Zahnkeimen liegen, nicht statt; deren Wurzeln sind erst im Wachstum begriffen. Vollendet sind sie bei den Zähnen, die in der Mitte der Reihe stehen, und erst die vorderen Zähne zeigen Wurzelresorption, und zwar zuerst an der Wurzel, die das Wachstum früher beendete.

Bedenkt man ferner, daß die Septa interalveolaria kräftige Knochenmassen sind, während die Wand der Alveolen der sich entwickelnden Zahnkeime äußerst dünn und porös ist, so ist nicht einzusehen, daß diese dünnen Knochenwände ein Widerlager für den Druck abgeben sollten, der die Septa interalveolaria zur Resorption bringen soll.

Wie sollte endlich bei Elephas der letzte Molar aus dem Kieferast herausgelangen, hat er doch keinen Nachfolger, der ihn vorwärts schieben könnte.

Der sogenannte »Horizontale Zahnwechsel« ist also ein angenommener Vorgang, der durch nichts bewiesen wird.

Das anscheinende Sondergeschehen bei Elephas und Manatus erfordert zur Klarlegung der Vorgänge eingehende Untersuchung.

Bei Elephas machen die Backzähne eine Reihe verschiedener Drehungen durch, die kausal erklärt werden müssen.

Im Unterkiefer findet eine Drehung der Backzähne um eine Achse statt, die zur Kauebene senkrecht steht und durch die Kinnspitze geht, wobei die Längsachse des Zahnes im Radius eingestellt ist. Durch diese Drehung nähern sich die Zähne der Medianebene.

Die Ursache dafür ist im Kieferwachstum gegeben. Indem der Kieferast sich unter Resorption vorn und Anbau hinten rückwärts verlängert, wird der Zahnkeim aus dem Kieferast frei. Dabei behält der Kieferkörper und die Kinngegend durch vorn und seitlich stattfindende Resorption und Anbau an der Innenseite des Kiefers annähernd seine ursprüngliche Gestalt bei, abgesehen davon, daß der Kiefer sich im ganzen vergrößert. Die beiderseitigen Zähne, die anfänglich nach vorn konvergieren, werden der

Medianebene parallel gestellt. Der Querdurchmesser des inneren Kieferbogens bleibt im Vorderteil in allen Altersstufen unverändert. Textfig. 5 und Serie der Taf. II.

Im Oberkiefer und Unterkiefer führt jeder Zahn in der Funktionszeit eine Drehung um eine Querachse aus, die durch den sich drehenden Zahn selbst geht. Die Drehung erfolgt im Ober- und Unterkiefer gegenläufig. Im Oberkiefer senkt sich der Vorderteil des Zahns, im Unterkiefer wird er gehoben. Die Ursache für diese Drehung ist in dem zeitlich verschiedenen Auswachsen der Wurzeln des Zahnes gegeben; diese sind im jeweils vorderen Abschnitt des Zahnes in der Entwicklung weiter vorgeschritten, geradeso wie auch die Krone vorn früher fertiggestellt wird. Während dann vordere Wurzelteile schon durch Resorption verschwinden, werden in den hinteren Zahnabschnitten die Wurzeln erst gebildet. Texfig. 6—10.

Eine andere Drehung des Zahnes findet während der Ausbildung des Zahnkeimes statt. Sie erfolgt um eine Querachse, die vor dem Zahn, und zwar im Oberkiefer gerade vor der Zahnreihe, im Unterkiefer vor und unterhalb der Zahnreihe gelegen ist. Der Radius für die Drehung ist im Oberkiefer kürzer als im Unterkiefer. Textfig. 11—14. Die Ursache für diese Drehung ist im Kieferwachstum gegeben. Die Drehung erfolgt im Ober- und Unterkiefer gleichläufig, von oben über hinten nach unten.

Da im Oberkiefer der Radius für diese Drehung kürzer ist und der Drehpunkt höher liegt als im Unterkiefer, ergibt sich, daß theoretisch die Molaren des Unterkiefers weiter nach hinten zu liegen kommen müßten als die entsprechenden Zähne des Oberkiefers (Textfig. 16 und 18). Dies ist nicht der Fall, weil der Unterkiefer durch seine Gelenkverbindung am Schädel fixiert ist.

Wenn nun der Unterkiefer entsprechend der geltenden Vorstellung an der Kinngegend in der Ontogenese nichts verliert, so müßte die gesamte Zahnreihe gleichzeitig im Kiefer Platz finden; der Unterkiefer müßte also so lang sein, daß er den Vorderteil des Oberkiefers durchwachsen haben müßte, oder das Maul des Tieres wäre gesperrt worden. Da mit dem Verlust eines jeden Zahnes Resorption der ihm entsprechenden Kinngegend mit gleichzeitigem Anbau an der Innenseite des Kiefers statthat, behält der Unterkiefer annähernd gleiche Gestalt bei und gestattet die Artikulation der Zähne (Textfig. 19 und 20 und Abb. 28*h*, 29*i*, 38*h*, 39*i*, Taf. II).

Die Ursache für die Resorption der Kinngegend bei Elephas ist folgende. Unter der von Zahn zu Zahn steigenden Zahngröße verlängert sich der

Unterkiefer rückwärts. Hierbei gelangt die Kinngegend bei jedem Funktionswechsel der Zähne außerhalb des Bereichs der Beanspruchung und wird als nicht beansprucht resorbiert.

Taf. II Abb. 28*h*, 29*i*, 38*h*, 39*i* beweisen das Gesagte ohne weiteres.

Die Wölbung des Hirnschädels steigt bei Elephas vom Neugeborenen zum Erwachsenen ununterbrochen an, während sonst die Wölbung des Hirnschädels beim Neugeborenen stärker ist als beim Erwachsenen, weil das Nervensystem in der Entwicklung vorangeht, beim Neugeborenen das Gehirn also die übrigen Kopfbestandteile an Masse übertrifft, ein Verhältnis, das allmählich in den Zustand des Erwachsenen übergeht. Textfig. 17.

Die Ursache für diese Besonderheit bei Elephas ist in den Faktoren gegeben, welche die außergewöhnliche Entwicklung der Stirnhöhlen bedingen. Vorn am Schädel haben wir bei Elephas die Rüsselbildung und die Stoßzahnentwicklung, hinten entsprechend dem Gewicht des Schädels mit den sehr schweren Zähnen die Entwicklung eines mächtigen Ligamentum nuchae und kräftiger Nackenmuskulatur. Von vorn und hinten wird die Schädelkapsel also ungewöhnlich beansprucht. Dies führt zu Oberflächenanbau an den Knochen der Schädelkapsel und zur Entlastung im Innern der Schädelknochen mit konsekutiver Ausbildung sehr ausgedehnter Stirnhöhlen, die in der Ontogenese ununterbrochenes Ansteigen der Stirnwölbung bedingen.

Eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe findet also bei Elephas nicht statt. Schädelwachstum läßt die Backzähne aus dem Kieferknochen frei werden. Am Oberkiefer findet der durch Zahnausfall vorn frei werdende Raum des Kiefers Verwendung als Bett für die wachsenden Stoßzähne und als Widerlager für den Rüssel. Im Unterkiefer wird der vorn frei werdende Abschnitt resorbiert.

Bei Manatus findet ebensowenig wie bei Elephas eine Bewegung der Zahnreihe statt. Durch Kieferwachstum werden am hinteren Ende der Zahnreihe die Molaren frei. Vorn werden einige Molaren durch das Wachstum der Hornplatten der Kiefer eliminiert. Resorption des Zahnhalses bereitet den wachsenden Hornplatten den Weg. Die Krone der vorderen Zähne wird von den Wurzeln förmlich abgeschnitten (Abb. 60, 66, 68 Taf. IV) und fällt aus, während die Wurzeln unter der vorwachsenden Hornplatte in ihren Alveolen sich lange Zeit erhalten können. Auch bei Manatus findet vorn am Kiefer, an der Kinngegend des Unterkiefers Re-

sorption statt, soweit als das Kinn nicht in das Bereich der Beanspruchung fällt.

Bei Phacochoerus wird der Kieferkörper in der Nähe des Kieferastes zugleich mit und infolge der Vergrößerung der Molaren mächtiger als bei anderen Schweinen, deren Molaren diese Spezialisierung nicht besitzen. Mit der Zunahme der Masse des Basalteils des Kieferkörpers wird der Alveolarteil am freien Rande entlastet und abgebaut. Die vorderen kleineren Backzähne werden bis zur Wurzel freigelegt. Ihre Wurzeln verfallen der Resorption, deren Ursache in diesem Falle (dauernd wachsende Zähne) darin zu suchen sein dürfte, daß die Wurzel des mächtigen Hauers bis zum dritten Molaren heranreicht, wodurch die Ernährung und Innervierung der Backzähne, die vor dem dritten Molaren liegen, geschädigt sein kann. Bei Phacochoerus funktioniert beim Erwachsenen schließlich nur noch der große dritte Molar.

Der Verlust der Prämolaren in der Elefantenreihe scheint nach den vorliegenden Untersuchungen der Erklärung zugänglich.

Die Keime der Prämolaren entwickeln sich zwischen den Wurzeln der Milchprämolaren. Da bei Elephas mit den Milchmolaren der zugehörige Kieferabschnitt durch Resorption verloren geht, müssen auch die Keime der Prämolaren untergehen. Andererseits kann die Entstehung von Stoßzähnen im Unterkiefer insofern, als sie ihrerseits den Kiefer beanspruchen, Erhaltung der Kinngegend und damit auch des Bettes der Prämolaren bewirken.

Tatsächlich besitzen auch die Vertreter der Proboscidier, die untere Stoßzähne ausgebildelt haben, Prämolaren (Dinotherium, Mast. angustidens, longirostris, productus u. a.).

Vertreter ohne untere Stoßzähne oder mit geringen nur in der Jugend auftretenden Rudimenten von solchen besitzen dagegen fast durchweg keine Prämolaren (Mast. Americanus, Andium, Sivalensis und fast alle Stegodon- und Elefantenarten).

Bei Ausnahmen wäre mithin unter Aussicht auf Erfolg die spezielle Beanspruchung der Kiefer nachzuprüfen.

Am Kiefer aller Säugetiere wirken die gleichen Faktoren; Unterschiede am Gebiß und Kiefer, für deren Entstehung bisher Sonderfaktoren in Anspruch genommen wurden, sind lediglich auf graduelle Unterschiede in der Wirkung gleicher Faktoren zu beziehen.

Erklärung der Tafelbilder.

Die den Zahlen der Abbildungen von Elefantenschädeln und Elefantenzähnen beigefügten kleinen Buchstaben a bis i beziehen sich in den Tafeln und bei den Textfiguren auf die Altersstufen der Serie auf Taf. II. Alle mit dem gleichen Buchstaben versehenen Skeletteile gehören einem Skelett an.

Abgesehen von der Abb. 57 Taf. IV (Elephas africanus) gehören alle Elefantenskeletteile dem indischen Elefanten an.

Falls nicht Näheres angegeben, gehören die Objekte der Sammlung des Verfassers an.

Tafel I.

Abb. 1. Seitenansicht der Oberkiefergegend eines sechsjährigen menschlichen Schädels. Der erste Molar ist im Durchbruch, Kieferresorption ist am freien Alveolarrand in seiner Umgebung vorhanden. Der zweite Molarkeim ist künstlich freigelegt, um zu zeigen, daß seine Kaufläche nach dorsal sieht, und daß der Zahnkeim sich weit über der Zahnreihe in der Gegend des späteren Tuber maxillare entwickelt, s. S. 19. Anat. Inst. Kiel.

Abb. 2. Seitenansicht des Schädels eines 13jährigen Knaben. In der Gegend der durchbrechenden Ersatzzähne zeigt der unregelmäßige Verlauf des freien Alveolarrandes an, daß Resorption beim Durchbruch statthat. Die Wurzeln des ersten Milchmolaren sind zum Teil dadurch freigelegt. Der Hals der zweiten Milchmolaren entspricht der halben Höhe der Krone der ersten Molaren, der Hals der Milcheckzähne der halben Höhe der Krone der Ersatzschneidezähne, s. S. 22. Anat. Inst. Kiel.

Abb. 3. Seitenansicht des Schädels eines 8 Monate alten Kindes mit beginnendem Zahndurchbruch. Die durchgebrochenen Schneidezähne überragen mit ihrer Kaufläche kaum merklich den Rand des Alveolarfortsatzes; die Krone der durchbrechenden Zähne wird durch Resorption des freien Randes des Alveolarteils freigegeben.

Abb. 4. Unterkiefer des erwachsenen und neugeborenen Menschen mit den entsprechenden Teilen übereinandergelegt zur Demonstration, daß der Zahnbogen bei beiden annähernd gleich ist.

Abb. 5. Schädel eines alten postglazialen Wildschweines, gefunden im Mergel bei der Steinschleuse von Süderstapel (zwischen Rendsburg und Husum) mehrere Meter unter N. N. Miner. Inst. in Kiel.

Abb. 6. Seitliche Ansicht eines Schädels von Catulus stellaris L. Bei Haifischen können mehrere Zahngenerationen zugleich in Funktion stehen.

Abb. 7. Derselbe Schädel in Ansicht von ventral.

Abb. 8 bis 13. Seitliche Ansichten einer Serie verschiedener menschlicher Unterkiefer vom Neugeborenen bis zum Erwachsenen, auf den ersten Molaren eingestellt, zur Demonstration des Längenwachstums des Kiefers unter Resorption vorne und Anbau hinten am Kieferast. Die Linea obliqua externa des Erwachsenen entspricht nicht der gleichnamigen beim Neugeborenen, sie ist um zwei Molarenkronenlängen rückwärts verschoben. Anat. Inst. Kiel.

Abb. 14. Unterkiefer des Greises mit völliger Resorption des Alveolarteils.

Abb. 15c. Oberer D_2 aus Schädel 58 Elephas c Taf. IV mit Wurzelresorption an der Vorderseite.

Abb. 16d. Oberer D_2 aus Schädel 59 Elephas d Taf. IV = 40d Taf. III, fast vollkommene Wurzelresorption.

Abb. 17c. Unterer D_2 aus dem Unterkiefer 23c Taf. III mit Resorptionserscheinungen an den Wurzeln.

Abb. 18d. D_2 aus dem Unterkiefer 24d Taf. II. Durch Resorption ist die Distalwurzel völlig verlorengegangen.

Abb. 19. Stumpf eines oberen Molaren von Elephas indicus. An der vorderen Hälfte (im Bilde rechts) Resorptionserscheinungen der Wurzeln und Resorption der Vorderwand in ganzer Höhe.

Abb. 20a. Unterkiefer eines etwa 4 Monate alten indischen Elefanten. Der erste Milchmolar ist bis dicht an den Zahnhals abgekaut. Die Wurzeln sind voll ausgebildet, besitzen aber noch eine offene Pulpahöhle. Die Distalwurzel ist rechterseits durch Resorption am Kiefer von vorn her z. T. freigelegt, links deckt sie nur eine ganz dünne Knochenlamelle.

Die Kauflächе des D_1 steht tiefer als die des D_2. Dieser ist in seinem vorderen Teil durch Wurzelwachstum gehoben. s. S. 59 Textfig. 6.

Tafel II.

Abb. 21a bis 39i. Seitenansichten und Kauebenenansichten einer Serie von Unterkiefern verschiedener Altersstufen von Elephas indicus.

Eine Durchsicht der Serie zeigt Folgendes:

I. Die Entfernung der vorderen medialen Ecke der Kauflächen voll in Funktion stehender Backzähne ist in allen Stadien gleich, ebenso die Breite des inneren Kieferbogens im vorderen Abschnitte, abgesehen von geringen individuellen Unterschieden.

II. Jeder Backzahn führt beim Eintritt in die und während der Funktion eine Drehung um eine Achse aus, die senkrecht zur Kauebene steht und durch die Kinnspitze geht (s. Textfig. 5).

III. Ein Vergleich des Stadiums 28h mit 29i (Seitenansicht) und 38h mit 39i (Kauflächenansicht) lehrt, daß in 29i und 39i an der Stelle, an der M_2 gesessen hatte, eine Delle vorhanden, der Kinnteil des Kiefers also noch nicht resorbiert ist. M_2 fiel nicht aus, weil M_3 ihn von seinem Platz verdrängte: M_3 bleibt, wo er ist, M_2 ist ausgefallen; der vordere Kieferteil, der ihn trug, wird mit der Kinnspitze resorbiert, M_3 wird aus dem Kieferast frei, weil an diesem vorn resorbiert, hinten angebaut wird.

Abb. 36f und 26f zeigen vor dem funktionierenden M_1 eine Alveole, die der Distalwurzel des Zahnes entspricht. Der vordere Teil des Zahnes ist so weit abgekaut, daß der Distalwurzelabschnitt vom Rest getrennt wurde; die Wurzel ist bei der Mazeration ausgefallen.

Bei den Kiefern a funktioniert der D_1 und D_2; bei b und c der D_2 und D_3, bei d existiert von D_2 nur noch ein Stumpf; bei e funktioniert der M_1; bei f M_1; bei g M_1 und M_2; bei h M_2 und M_3; bei i M_3.

Sämtliche Bilder der Serie auf Taf. II sind im gleichen Maßstab aufgenommen, und zwar im Verhältnis 1 : 6.

Abb. 30c. Unterkiefer 23c in Gleichgewichtslage.

Abb. 30e. Unterkiefer 25e in Gleichgewichtslage, s. S. 51 Anm. 2.

Die Konturunterschiede der Kinngegend sind Resorptionserscheinungen, s. S. 72ff.

Tafel III.

Abb. 40d. Kieferregion eines indischen Elefantenschädels mit funktionierendem D_3. Die Kaufläche des Stumpfes D_2 reicht nicht mehr an die Kauebene heran, da der D_3 durch Drehung im vorderen Abschnitt gesenkt ist. s. Textfig. 8.

Durch Resorption am freien Rand des Alveolarteils ist die Wurzel des D_2 teilweise freigelegt.

Abb. 41d. Unterkiefer von Elephas indicus. Die Kaufläche des stark abgenutzten D_2 steht tiefer als die Kauebene, ein Beweis für die Drehung des D_3 um eine Querachse, die durch den Zahn geht, s. Textfig. 6 und 7.

Abb. 42e. Unterkiefer 25e der Serie Taf. II von vorne links.

Der Alveolarrand zeigt rings starke Resorptionserscheinungen; Resorption des Kiefers von vorn her hat einen Teil der Wurzel freigelegt; die Alveolarwand erscheint gefenstert.

Abb. 43h. Unterkiefer 38h der Serie Taf. II in Ansicht schräg von vorn.

Resorption an der Kinngegend legt die Wurzel des zweiten Molaren von vorn her frei.

Abb. 44. M_1 sup. von Elephas indicus mit horizontal eingestellter Kaufläche.

Abb. 45. Derselbe Zahn derart gestellt, daß die Zementintervalle mit denen des stark abgenutzten M_1 sup. der Abb. 46 gleichgerichtet sind.

Abb. 46. M_1 sup. von Elephas indicus, stark abgenutzt. Vorn (im Bilde links) starke Resorptionserscheinungen. Soll unter Abnutzung des Molars der Abb. 44 der Stumpf der Abb. 46 entstehen, so muß der Zahn sich drehen, s. Textfig. 8 und 9 auf S. 61 und S. 62.

Abb. 47. M_1 inf. von Elephas indicus.

Abb. 48. Derselbe Zahn in anderer Stellung zum Vergleich mit dem Stumpf eines M_1 inf. der Abb. 49.

Abb. 49. M_1 inf. von Elephas indicus, stark abgenutzt. Eine Distalwurzel mit dem entsprechenden Kronenabschnitt ist nicht mehr vorhanden, die Hauptwurzel ist in Entwicklung. Die Zementintervalle der Abb. 49 entsprechen in der Richtung der Abb. 48, nicht der Abb. 47. Die Abkauung ist also im vorderen Zahnabschnitt stärker, der Zahn dreht sich in der Alveole um eine Querachse, die durch den Zahn geht, s. Textfig. 7.

Abb. 50a. Seitenansicht des Schädels eines 4 Monate alten indischen Elefanten.

Abb. 51c. Seitenansicht eines Schädels mit funktionierenden D_2 und D_3 (Elephas indicus).

Abb. 52f. Seitenansicht eines Schädels von Elephas indicus mit funktionierenden ersten Molaren.

Tafel IV.

Abb. 53*f*. Schädel von Elephas indicus von hinten zur Demonstration der Lage des Zahnkeimes von M_2 über dem funktionierenden M_1. Die Wand der Alveole ist verletzt und gestattet einen Einblick in sie. Das Os sacculi dentis ist zum Teil erhalten geblieben, sichtbar, die Wand besteht aus zwei Knochenlamellen, einer äußeren, die dem Kieferknochen angehört und abgesprengt ist, einer inneren, vom Alveolarperiost gelieferten, dem Os sacculi.

Abb. 54. Ansicht des Unterkiefers von Manatus inunguis (Abb. 75, Taf. V) von hinten. Durch den Eingang zum Canalis mandibularis sieht man das Os sacculi dentis, das den Zahnkeim des jüngsten Molaren birgt. Links ist es verletzt und der Zahnkeim sichtbar.

Abb. 55*a*. Unterkiefer von Elephas indicus (Abb. 21*a*, Taf. II) von hinten und links oben gesehen. Durch Entfernung eines Teiles der medialen Kieferwand der rechten Seite ist ein Einblick in den Alveolarraum des D_3 und M_1 gestattet. Das Os sacculi dentis trennt beide Räume, stellt einen Ring dar. Der Eingang in den Canalis mandibularis liegt unter der Zahnmitte in der Tiefe des Alveolarraums von D_3; im Alveolarraum selbst ist eine knöcherne Grenze zwischen Kanal und Alveole noch nicht vorhanden.

Abb. 56*b*. Unterkiefer von Elephas indicus von hinten links. Durch Abtragung der hinteren Kieferwand ist die Alveole des D_3 und M_1 freigelegt; das Os sacculi dentis ist als breiter Ring sichtbar. Der Canalis mandibularis ist in diesem Stadium schon stark nach medial verlagert.

Abb. 57. Oberkiefer eines etwa 4 Monate alten Elephas africanus von medial. D_1 funktionierte noch: die Alveole ist offen; der Zahn wurde bei der Mazeration verloren. D_2 steht in Funktion, D_3 vor dem Durchbruch. Durch Fensterung des Oberkiefers und Entfernung eines Teiles des Ringes des Os sacculi dentis sieht man in die Alveolen des D_3 und M_1 und erkennt den Verlauf des ringförmigen Os sacculi.

Abb. 58*c*. Blick auf die Kauebene eines Schädels von Elephas indicus mit funktionierendem zweitem und drittem Milchmolaren. Vergleiche hiermit den wenig älteren Schädel der Abb. 59.

Abb. 59*d*. Blick auf die Kauebene eines Schädels von Elephas indicus, der wenig älter ist als der Schädel der Abb. 58.

Der Stumpf des zweiten Milchmolaren funktioniert nicht mehr, seine Kaufläche steht höher als die des D_3.

Vergleicht man 58 und 59, so ergibt sich, daß sich im Wachstum alle Maße des Schädels geändert haben, bis auf eines: die Entfernung der Grenze zwischen D_2 und D_3 vom Vorderrand des Kiefers. Beweis dafür, daß D_3 nicht unter Vorrücken D_2 aus seinem Platz verdrängt.

Stadium 58 und 59 und das Stadium der Abb. 50*a* entsprechen Stadien aus dem Anatomischen Institut zu Freiburg i. B., die Roese zu einer Arbeit über den Stoßzahn benutzte. Auch unsere Exemplare weisen am Stoßzahn noch die Zementschmelzkappe auf. Bei 50*a* befindet sich neben dem Milchstoßzahn medial in einer Nische der Alveolarwand eine kleine solide Schmelzkappe des bleibenden Stoßzahnes. Der Milchstoßzahn ist bewurzelt.

Abb. 60 bis 65 zeigen die sechs vorderen linken funktionierenden Molaren des Unterkiefers von Manatus inunguis (Abb. 75, Taf. V) von lateral. Der vorderste steht links im Bild und ist der zweite Molar, ein Backzahn war schon abgestoßen.

Der vorderste (zweite Molar), Abb. 60, hat die vordere Wurzel verloren, sie ist durch Vorwachsen der Hornplatte von der Krone durch Resorption am Zahnhals abgetrennt. Der Wurzelstumpf saß noch in der Alveole. Die hintere Wurzel von M_2 ist durch Resorption verkürzt.

M_3, der zweite Zahn der Abbildung (61), hat die vordere Wurzel länger als die hintere, beide zeigen Resorption.

Bei M_4 (Abb. 62) ist die vordere Wurzel ebenfalls länger als die hintere; sie unterwächst die hintere Wurzel.

M_5 (Abb. 63) hat die vordere Wurzel noch nicht voll ausgebildet.

M_6 (Abb. 64) zeigt die vordere Wurzel noch schwächer entwickelt als der Vorderzahn: der Wurzelkanal ist noch offen.

M_7 (Abb. 65) hat beide Wurzeln noch unausgebildet; die Wurzelkanäle sind ganz weit offen.

Hinten in der Zahnreihe von Manatus findet man Zahnkeime, dann folgen Molaren mit immer weiter ausgebildeten Wurzeln, und zwar beendet die hintere kürzere Wurzel das Wachstum zuerst. Vorn in der Zahnreihe zeigen die Molaren Wurzelresorption, und zwar beginnt die Resorption an der hinteren Wurzel früher als an der vorderen, abgesehen vom

jeweils vordersten Molaren, dessen vordere Wurzel unter dem Vorwachsen der Hornplatte des Kiefers am Zahnhals von der Krone abgetrennt wird.

Abb. 66 und 67. Die beiden vordersten Molaren von Manatus senegalensis aus dem Unterkiefer Abb. 71, Taf. V.

Abb. 68. Unterkiefer von Manatus senegalensis (Abb. 71, Taf. V) von lateral; zur Demonstration der Lage des vorderen Molaren. Von medial drängt sich die Hornplatte unter die Zahnkrone, und der Hals wird resorbiert. Die Alveole der vorderen Wurzel steht weit offen; sie ist am skelettierten Schädel leer, da der Wurzelstumpf ausfällt. Das Bild verführt geradezu zur Annahme einer Vorwärtsbewegung der Zahnreihe; das ist aber nicht der Fall. Vorn fallen einige Zähne unter dem Vorwachsen der Hornplatte aus, hinten verlängert sich der Kiefer durch Resorption vorn und Anbau hinten am Kieferast, ein Vorgang, der die sich entwickelnden Zahnkeime aus dem Bereich des Astes heraustreten läßt, ohne daß sie ihren Platz ändern.

Abb. 69. Rechte Unterkieferhälfte von einem jungen Rhinozeros mit Milchgebiß, von medial. Der Eingang zum Canalis mandibularis zeigt den unteren Rand des jüngsten als Schmelzkappe in der Alveole liegenden Molaren. Der Abschluß der Alveole nach hinten wird unvollständig durch das segelförmige Os sacculi gebildet.

Tafel V.

Abb. 70. Oberkiefer von Manatus senegalensis, erwachsen. Zool. Inst. Kiel.

Abb. 71. Der zu Abb. 70 gehörige Unterkiefer.

Abb. 72. Oberkiefer von Manatus latirostris, erwachsen. Zool. Inst. Kiel.

Abb. 73. Der zu Abb. 72 gehörige Unterkiefer.

Abb. 74. Oberkiefer von Manatus inunguis, jung. Die Alveole des für M. inunguis charakteristischen ersten stiftförmigen Molaren ist vor dem zweiten Molaren, der als erster funktionierender in der Reihe steht, zu sehen.

Abb. 75. Der zu Abb. 74 gehörige Unterkiefer.

Abb. 76. Unterkiefer von Phacochoerus, Kauflächenansicht. Die Alveole des herausgenommenen M_2 ist sehr flach, entsprechend der Wurzelresorption am Zahn mit neuer Knochenmasse ausgefüllt.

Abb. 77. Unterkieferhälfte von Phacochoerus mit freipräpariertem M_3 von medial. M_3 hat eine Distalwurzel; M_2 steht dicht vor dem Ausfallen, die Wurzel (vgl. Abb. 83) ist fast völlig resorbiert. Die Alveole des Hauers reicht bis dicht an die Alveole des M_3 heran (s. S. 91 u. 92).

Abb. 78. M_1 eines jüngeren Exemplares von Phacochoerus mit Wurzelresorption (s. S. 40; vorn ist im Bilde links).

Abb. 79. Der zu M_1 der Abb. 78 gehörige benachbarte Prämolar; er stellt durch Abnutzung und Resorption der Wurzel nur noch einen formlosen Stumpf dar.

Abb. 80. M_3 sup. von Phacochoerus, bei dem alle Schmelzzylinder noch offen sind; Wurzelbildung hat noch nicht eingesetzt.

Abb. 81. Der zu Abb. 80 gehörige M_2.

Abb. 82. M_3 des Unterkiefers der Abb. 77, isoliert.

Abb. 83. Der zu Abb. 82 gehörige M_2. Die Wurzel ist fast völlig resorbiert; die stark abgenutzte Krone zeigt noch die Schmelzringe deutlich.

Inhaltsangabe.

Seite

Einleitung ... 3

I. Zur Nomenklatur ... 4

II. Die Faktoren, die den Zahndurchbruch bewirken, und die Durchbruchserscheinungen an Zahn und Kiefer ... 8
Wurzeltheorie ... 9
Alveolartheorie ... 11
Wirkung entfernter liegender Faktoren ... 13
Schematische Darstellung der Durchbruchserscheinungen ... 15

III. Die Faktoren, die das Kieferwachstum beeinflussen, und die Erscheinungen beim Kieferwachstum ... 17
Kieferbogen und Alveolarbogen ... 17
Längenwachstum der Kiefer ... 18
Höhenwachstum der Kiefer ... 20
Einfluß der Resorption auf die Kiefergestaltung ... 22
Schematische Darstellung der Wachstumsverhältnisse am Kiefer ... 24

IV. Die Alveolenbildung und das Os sacculi dentis ... 25

V. Die funktionellen Unterschiede im Gebiß ... 26
Die Differenzierungshypothese ... 27
Entstehung der Zahngröße und ihr Einfluß auf die Kiefer und umgekehrt, gegenseitige Beeinflussung der Zähne bei Größenvariation und Einwirkung des Integuments auf die Zahngröße ... 28
Entstehung der Zahnform und der Einfluß der Zahnform auf die Funktion ... 31
Zeitliche Unterschiede in der Funktion der Zähne ... 33

VI. Der physiologische Zahnausfall ... 34
Pathologischer und physiologischer Zahnausfall bei Mensch und Tier ... 34
Physiologischer Zahnausfall bei Elephas ... 39
Physiologischer Zahnausfall bei Phacochoerus ... 40
Physiologischer Zahnausfall bei Manatus ... 41
Ursache des physiologischen Zahnausfalls ... 42

VII. Der sogenannte »Horizontale Zahnwechsel« ... 44

VIII. Die Funktionsfolge der Backzähne von Elephas und ihre Ursache ... 50
A. Beobachtungen bei Elephas, die gegen eine Vorwärtsbewegung der Zahnreihe im Sinne des horizontalen Zahnwechsels sprechen ... 52
B. Stellungsänderung der Backzähne des Elefanten ... 54
Drehung der Unterkieferzähne um eine Achse, die senkrecht zur Kauebene steht und durch die Kinnspitze geht ... 54

Seite

Drehung der Backzähne um eine Querachse, die durch den sich drehenden Zahn selbst geht 57
Drehung des Zahnes um eine Querachse, die vor dem Zahn liegt 64
Warum existiert bei Elephas ein selbständiges Os sacculi dentis? 72
C. Die mächtige Kieferresorption in der Kinngegend, eine Sondererscheinung beim Elefanten 72
D. Das Os sacculi dentis bei Elephas 81
E. Die Lageveränderung des Canalis mandibularis 83
F. Besonderheiten im Schädelwachstum bei Elephas und ihre Ursache; ihr Einfluß auf die Funktionsfolge der Zähne 83

IX. Die Funktionsfolge der Zähne von Manatus und ihre Ursache 85

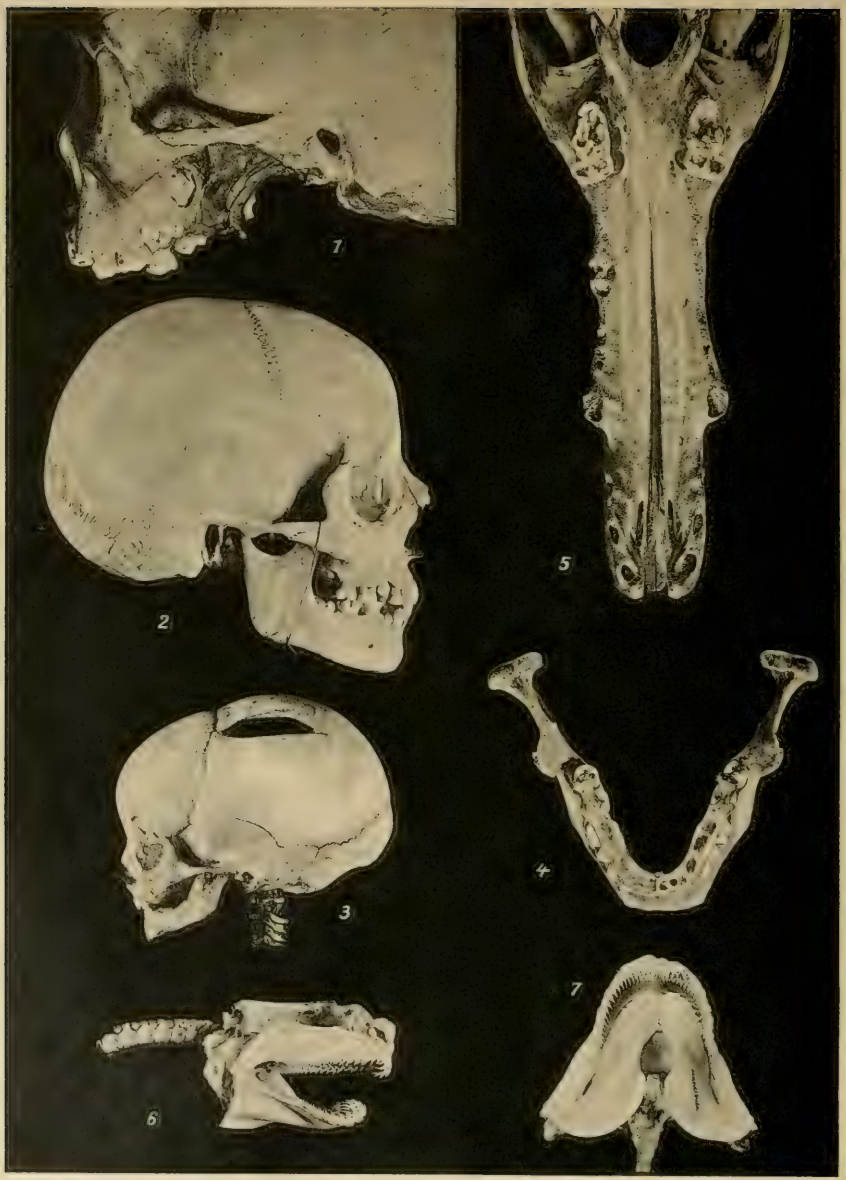
X. Die Funktionsfolge der Zähne von Phacochoerus und ihre Ursache 90

XI. Warum fehlen Elephas die Prämolaren? 92

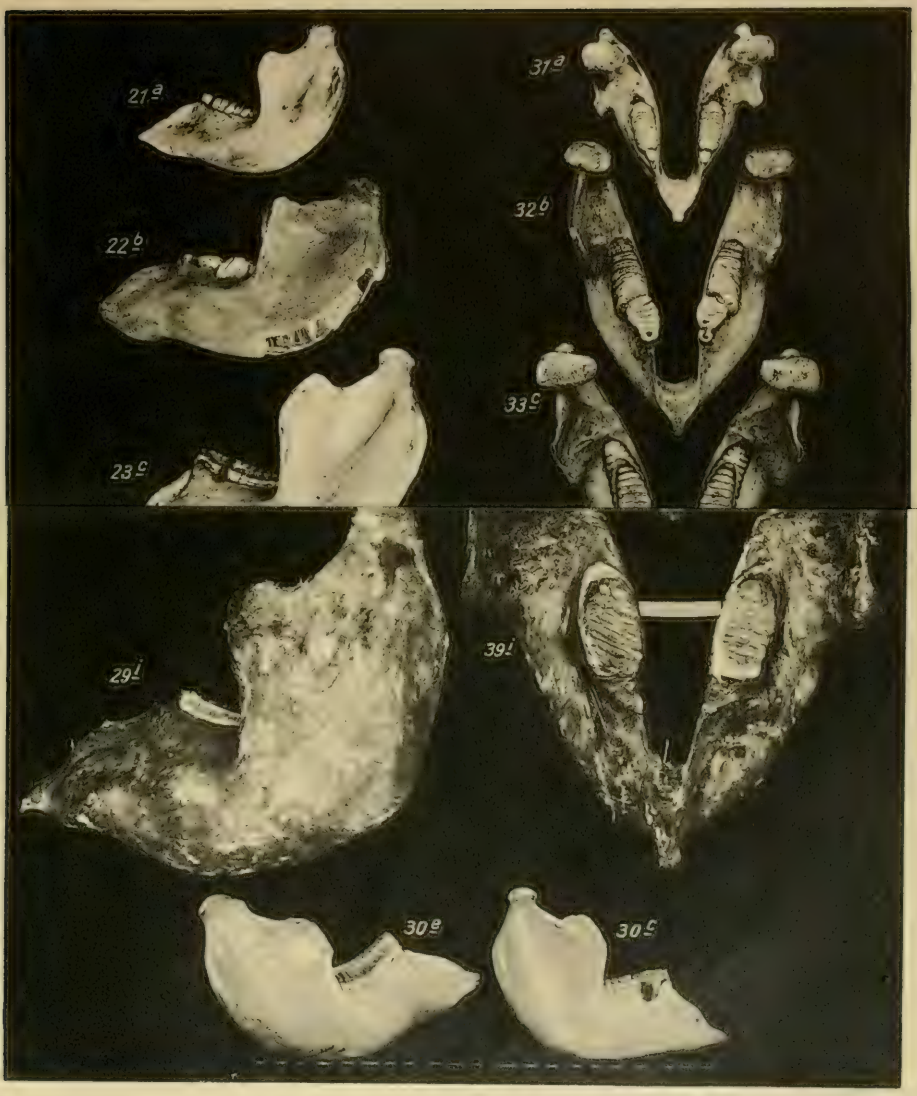
XII. Zusammenfassung 95

Erklärung der Tafelbilder 103

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.


1
2
3
4
5
6
7

ylogenetischen Geschehen am Kiefer.



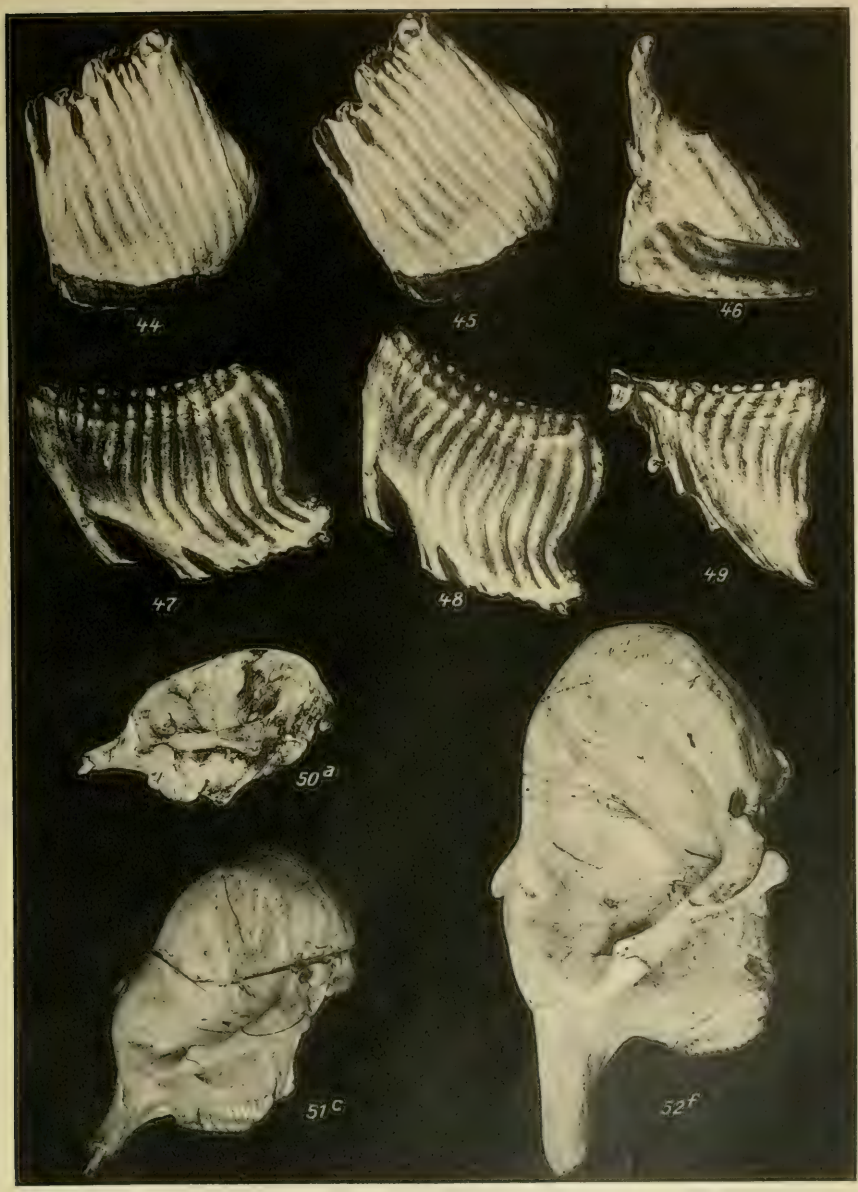
O. Aichel: Kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer.

Taf. II.

O. Abel: Kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer.

Taf. II.

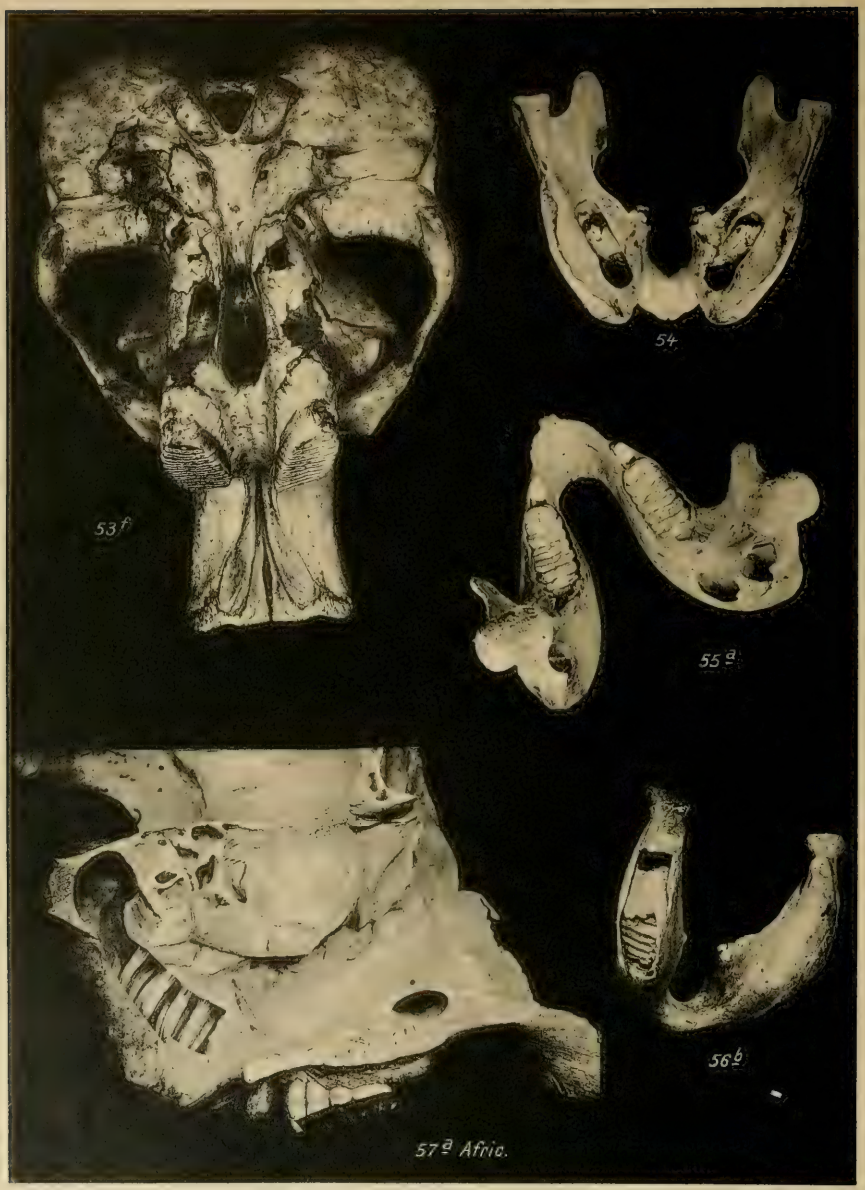
40.d
41.d
42.e
43.h

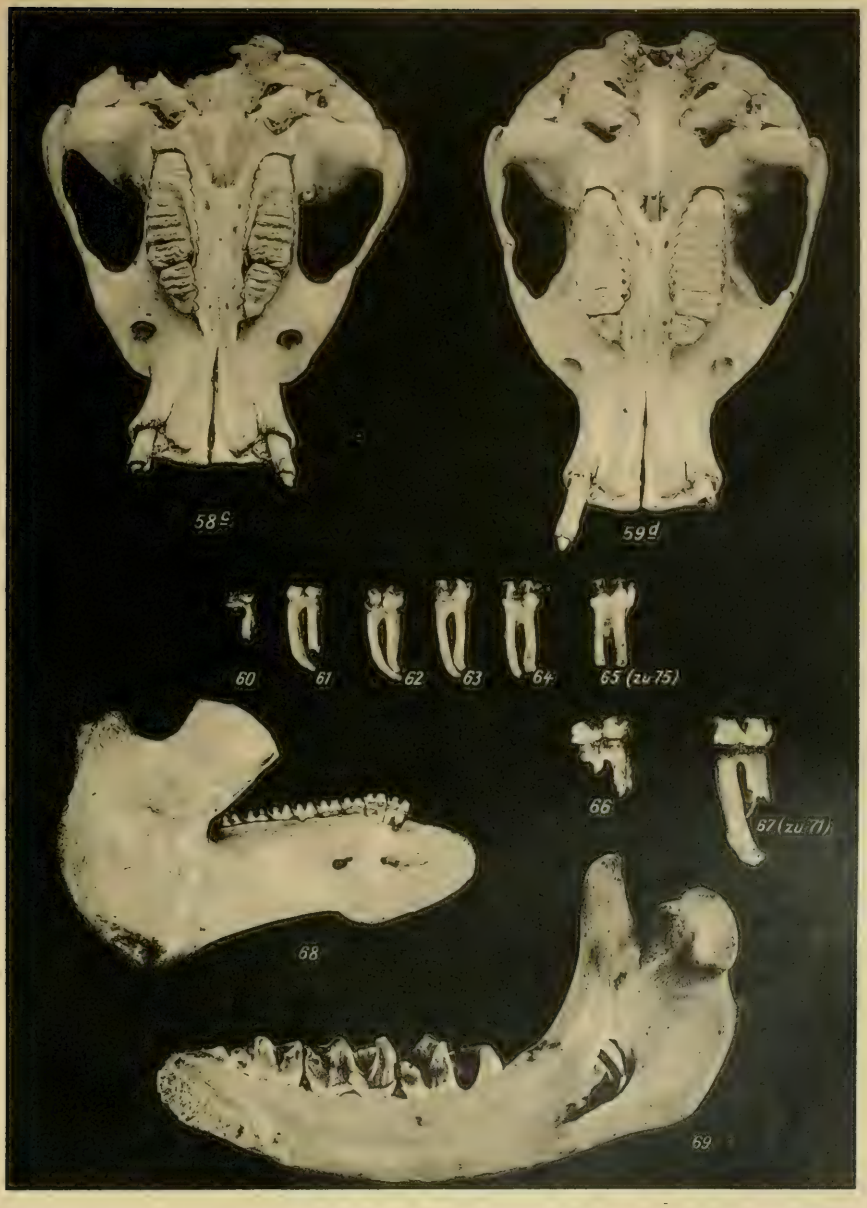


ogenetischen Geschehen am Kiefer.

40d
41d
42e
43b

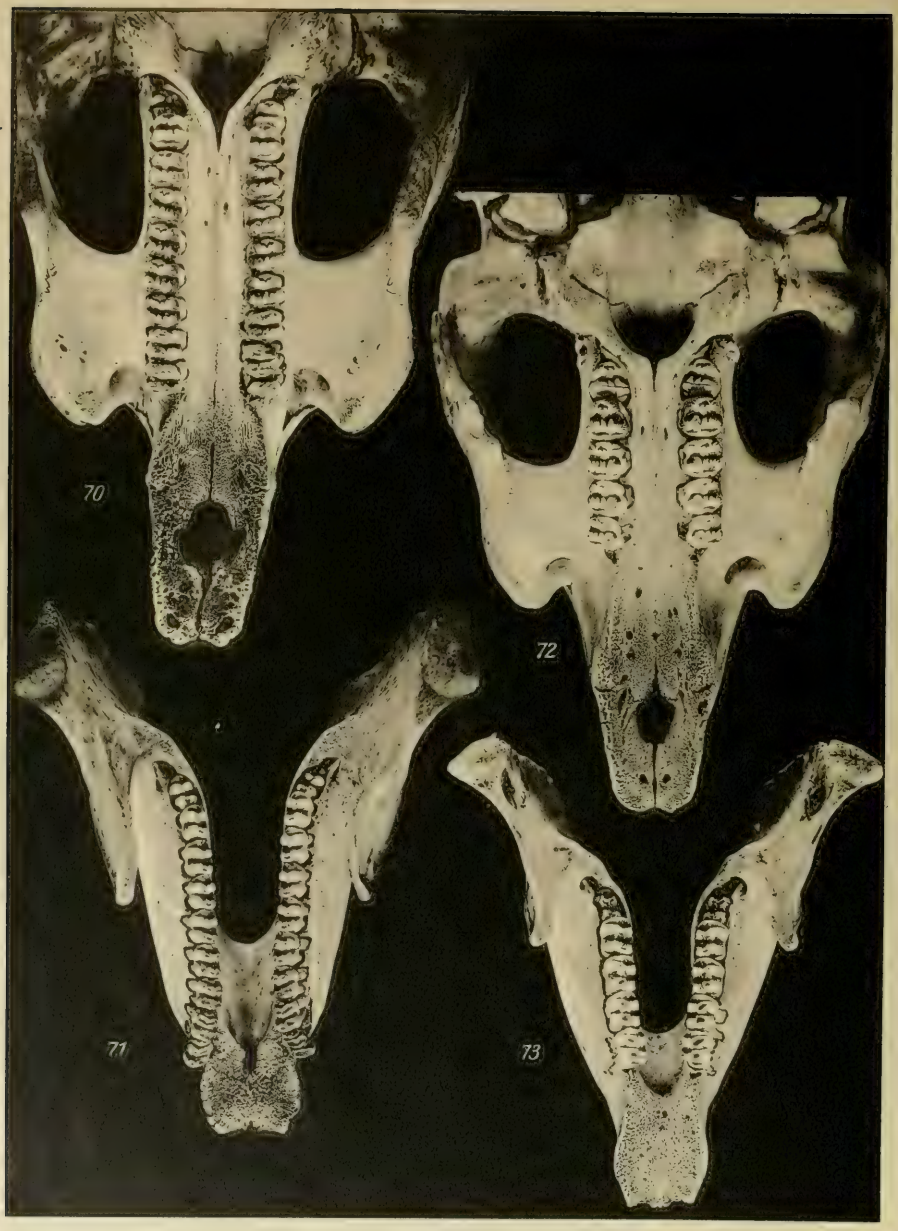
44
45
46
47
48
49
50a
51c
52f

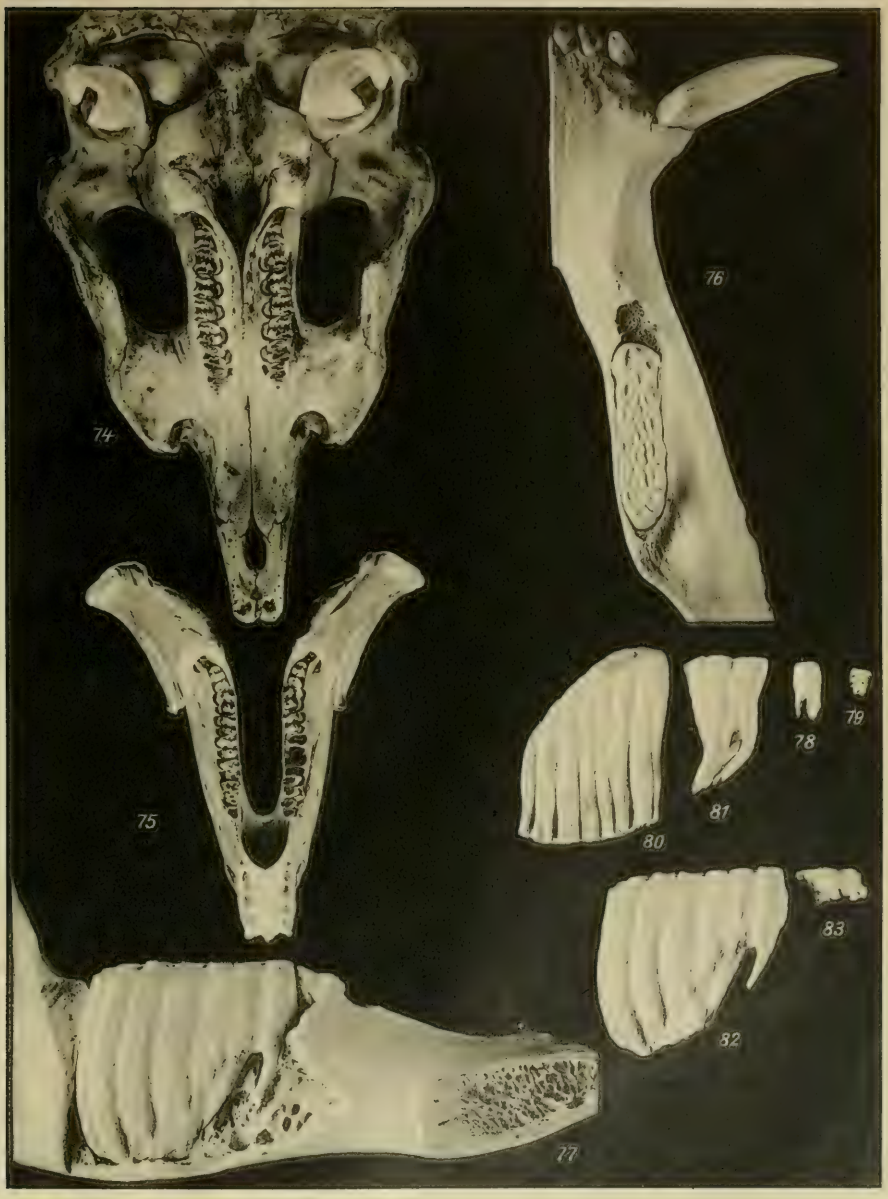

53f
54
55a
56b
57a Afric.



hylogenetischen Geschehen am Kiefer.

O. Aichel: Kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer.


70
72
71
73



hylogenetischen Geschehen am Kiefer.

70
72
71
73

74
76
78
79
75
80
81
83
82
77

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

Nr. 4

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER HISTORISCHEN SONNENFINSTERNISSE UND ZUR FRAGE IHRER VERWENDBARKEIT

VON

Prof. F. K. GINZEL

MIT 2 TAFELN

Smithsonian Inst. FEB Office Library

BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1918

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

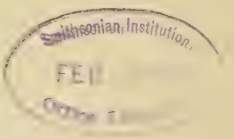
NR. 4

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER HISTORISCHEN SONNENFINSTERNISSE UND ZUR FRAGE IHRER VERWENDBARKEIT

VON

PROF. F. K. GINZEL

MIT 2 TAFELN



BERLIN 1918

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI GEORG REIMER

Vorgelegt von Hrn. Struve in der Gesamtsitzung am 18. Juli 1918.
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 14. September 1918.

Die empirischen Korrektionen, welche Theodor v. Oppolzer in seine »*Syzygientafeln für den Mond*«[1] zur Verbesserung des Hansenschen Mondtafelfundaments eingeführt und bei der Berechnung des *Kanon der Finsternisse*[2] verwendet hatte, sind bekanntlich nur provisorischer Natur. Sie reichen für die Darstellung verschiedener historischer Sonnenfinsternisse, deren Beobachtungsort gesichert ist, nicht aus. Ich habe deshalb bei der Ableitung neuer empirischer Korrektionen das Hauptgewicht auf die historischen Sonnenfinsternisse des Mittelalters gelegt, weil diese an Reichhaltigkeit des Materials und Sicherheit der Quellen den antiken Finsternissen bei weitem überlegen sind. Meine diesbezüglichen Untersuchungen[3] stützten sich auf 22 historische Sonnenfinsternisse zwischen den Jahren 71 bis 1386 n. Chr. und brachten auch einen zwanglosen Anschluß an diejenigen Finsternisse der vorchristlichen Zeit zuwege, welche man der Zeit und dem Beobachtungsorte nach als recht sicher betrachten darf. Die dritte Abhandlung meiner untengenannten Astronomischen Untersuchungen über Finsternisse gibt über die Art der damit erlangten empirischen Korrektionen entsprechende Auskunft; hier sei nur bemerkt, daß für die säkulare Akzeleration der Wert $11.473''$ resultierte. Diese Korrektionen hat R. Schram tabuliert[4], so daß man sie mit geringer Rechnung ohne weiteres an die Elemente der Finsternisse anbringen kann, welche im Oppolzerschen Kanon dargeboten werden. In meinem *Speziellen Kanon*[5] habe ich dann Gelegenheit ge-

[1] *Publikation XVI der astronom. Gesellsch.* Leipzig, 1881.

[2] *Denkschriften d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien*, math. Kl. 52. Bd. 1887.

[3] *Astronom. Untersuchungen über Finsternisse* (*Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien*, math. Kl. I. Abhdlg. 85. Bd. 1882; II. Abhdlg. 88. Bd. 1883; III. Abhdlg. 89. Bd. 1884.)

[4] *Reduktionstafeln für den Oppolzerschen Finsternis-Kanon zum Übergang auf die Ginzelschen empirischen Korrektionen* (*Denkschriften d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien*, math. naturw. Klasse 56. Bd. 1889).

[5] *Spezieller Kanon der Sonnen- u. Mondfinsternisse* für das Ländergebiet der klass. Altert. Wissensch. von 900 v. Chr. bis 600 n. Chr. Berlin 1899.

habt, an 80 historischen, uns von lateinischen und griechischen Autoren und von zuverläßlichen Annalisten überlieferten Sonnenfinsternissen zu zeigen, daß die genannten Korrektionen für die Darstellung der Überlieferung durchaus zutreffen; das gleiche haben meine Untersuchungen über historische Sonnenfinsternisse altspanischer, persischer und arabischer Tradition[1] bestätigt. Ich habe lange den Wunsch gehabt, die Prüfung meiner Korrektionen an dem reichhaltigen historischen Quellenmateriale fortzusetzen, welches das Mittelalter in Hinsicht auf Sonnenfinsternisse darbietet. Indessen haben die Verhältnisse, namentlich aber die Ausarbeitung meines Handbuches der mathematischen und technischen Chronologie, welches durch 14 Jahre meine außeramtliche Zeit in Anspruch nahm, die Erfüllung jenes Wunsches aufgeschoben. Erst jetzt bin ich in der Lage auf den Gegenstand wieder zurückzukommen. Während die in meinen obengenannten früheren Arbeiten behandelten historischen Sonnenfinsternisse hauptsächlich Quellen aus Mittel- und Westeuropa betreffen (Deutschland, Frankreich, England, Italien, Spanien), wende ich mich in der vorliegenden Abhandlung zu beobachteten Finsternissen, die in nordischen und vorderasiatischen historischen Quellen überliefert sind; von den ersteren einige besonders seit der annalistischen Selbständigkeit Islands gemeldete Finsternisse, von den zweiten solche aus der Zeit der Kreuzzüge und der armenischen Geschichte. Dabei wurden noch einige andere Finsternisse mitbehandelt; der Zeit nach bin ich, wie in meinen früheren Untersuchungen, nicht über 1400 n. Chr. hinausgegangen, da die Bearbeitung späterer Finsternisse für die Prüfung der Mondtheorie wenig Zweck hat. Ich gebe zunächst die Sonnenfinsternisse hier an, wobei ich ihr Datum astronomisch (von Mittag zu Mittag, entgegen der Zählung in Oppolzers Kanon) ansetze:

Totale	Sonnenfinsternis	693	Okt. 4	Ringförm.	Sonnenfinsternis	1236	Aug. 2
Ringförm. totale	»	1030	Aug. 31	Totale	»	1239	Juni 2
Ringförm.	»	1033	Juni 28	Totale	»	1241	Okt. 6
Totale	»	1113	März 18	Ringförm.	»	1263	Aug. 5
Totale	»	1131	März 30	Totale	»	1312	Juli 4
Totale	»	1133	Aug. 2	Totale	»	1330	Juli 16
Ringförm.	»	1147	Okt. 25	Ringförm.	»	1337	März 2
Totale	»	1187	Sept. 3	Ringförm. totale	»	1339	Juli 7
Totale	»	1194	April 22	Totale	»	1361	Mai 4

Der Gewinn, den die Prüfung der Mondtheorie aus der Überlieferung dieser Finsternisse ziehen kann, ist, wie weiterhin ersichtlich, ein doppelter:

[1] *Sitzungsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin*, 1886 und 1887.

bei mehreren Finsternissen, bei welchen sich meine früherere Untersuchung auf mittel- und westeuropäische historische Quellen beschränkt hatte, ist die Totalitätsbeobachtung nun auch für den Orient nachgewiesen, und also die Lage der beobachteten Zentralitätszonen geographisch bedeutend ausgedehnt worden; einige mit Material neueintretende Finsternisse ferner haben Totalitätsnachweise geliefert. Selbstverständlich sind unter den oben angeführten Finsternissen verschiedene gewesen, aus welchen die Prüfung der Mondtheorie keinen Nutzen ziehen kann. Ich bemerke noch, daß das historische Material, welches ich im folgenden darbiete, mit Ausnahme der Finsternis 1030 August 31, bisher noch von niemandem astronomisch verwertet worden ist.

Zur Vergleichung von Beobachtung und Rechnung korrigierte ich die Elemente des Oppolzerschen Kanons mit meinen empirischen Korrektionen nach den oben angegebenen Schramschen Tafeln und berechnete dann die Lage der Grenzkurven der Totalität und Ringförmigkeit, bei einigen Finsternissen auch Zeit und Größe der Maximalphase für einen bestimmten Ort. Ich gebe hier für die 18 Sonnenfinsternisse die veränderten Elemente und die Hilfsgrößen an, soweit sie zur Ermittlung der Grenzkurven oder der Maximalphasen nötig sind; die Größen G, K, $\cos\delta'$, $\sin\delta'$, $\cos k$, $\sin k$, $\cos g$, $\sin g$, f_a bleiben gegen die des Kanon ungeändert; betreffs der Bedeutung

Nr.	u	u'_0	γ	$\log n$	$\log \varepsilon'$	$\log \gamma$	$\log \sigma$	$\log \pi'$	$\log \pi''$
1	303.78°	0.5374	+0.4911	9.7648	7.6685	1.3915	0.8794	9.9763	9.9759
2	30.55	0.5476	+0.8969	9.7418	7.6631	1.4150	0.8980	9.9756	9.9761
3	352.13	0.5529	+0.3932	9.7273	7.6248	1.4488	9_n1530	9.9634	9.9617
4	266.46	0.5345	+0.7491	9.7662	7.6668	1.3515	1_n0948	9.9397	9.9399
5	27.82	0.5336	+0.7027	9.7665	7.6632	1.3547	1_n0826	9.9402	9.9407
6	0.62	0.5338	+0.5411	9.7034	7.6453	1.3798	0.9851	9.9445	9.9457
7	347.11	0.5616	+0.7198	9.7242	7.6584	1.4142	1.0516	9.9431	9.9443
8	355.53	0.5349	+0.7035	9.7649	7.6648	1.3550	1.0889	9.9400	9.9404
9	23.84	0.5334	+0.7727	9.7645	7.6492	1.4007	0_n7552	–	9.9735
10	348.91	0.5603	+0.7459	9.7060	7.6466	1.4609	0.7765	9.9729	9.9718
11	359.50	0.5316	+0.3172	9.7653	7.6243	1.4047	0_n6313	9.9543	9.9560
12	8.50	0.5365	+0.8093	9.7657	7.6662	1.3583	1.0734	9.9413	9.9407
13	29.56	0.5636	+0.8016	9.7112	7.6478	1.4288	1.0564	9.9449	9.9437
14	301.53	0.5447	+0.8042	9.7415	7.6281	1.4341	0.1356	9.9644	9.9660
15	48.54	0.5460	+0.7325	9.7399	7.6344	1.4333	0.4969	9.9674	9.9689
16	305.71	0.5636	+0.6206	9.7172	7.6684	1.4013	1_n1410	9.9395	9.9398
17	24.76	0.5501	+0.6430	9.7321	7.6289	1.4310	0.8230	9.9507	9.9523
18	314.36	0.5347	+0.3706	9.7612	7.6392	1.4099	0_n5958	9.9693	9.9706

derselben und von μ, u'_a, γ, $\log n$ verweise ich auf S. XXIII und XXIV des Oppolzerschen Kanon; bei der letzten Zahl in der vorstehenden Tabelle gilt $\log \pi'$ für die nördliche, $\log \pi''$ für die südliche Grenzkurve.

Die Grenzkurven der Totalität und Ringförmigkeit, welche mit vorstehenden Größen nach Oppolzers Formeln berechnet sind, findet man auf vier der Abhandlung beigegebenen Karten eingetragen.

Zur Vergleichung der Lage der berechneten Zentralitätszonen mit der historischen Überlieferung sind unbedingt Bemerkungen über die Zuverlässlichkeit der Quellen, ihre Herkunft, den Ort ihrer Entstehung, ihr etwaiges Abhängigkeitsverhältnis usw. notwendig, um über den Beobachtungsort der Finsternis entscheiden zu können. Ich habe die notwendigen von diesen Bemerkungen — die sich übrigens der astronomische Leser meist nicht ohne weiteres oder nur mit erheblichem Aufwand von Zeit verschaffen kann — für jede Finsternis beigefügt.

Im zweiten Teile der vorliegenden Abhandlung, welcher auf die Darlegung der Ergebnisse der 18 Sonnenfinsternisse folgt, gehe ich noch auf die Frage ein, welchen Wert die von den Astronomen verwendeten historischen Sonnenfinsternisse des Altertums und des Mittelalters überhaupt für die Prüfung der Mondtheorie besitzen.

Ich stelle noch eine Anzahl geographischer Positionen von Orten zusammen, welche im folgenden Texte zur Beurteilung gebraucht werden (λ = Länge v. Greenw., ϕ = n. Br.).

	λ	ϕ		λ	ϕ
Rejkiavik	338° 4'	64° 8'	Spalato	16° 27°	43° 30'
Skalholt	339 30	64 8	Salona	16 29	43 33
Hels Eya	340 30	66 0	Byzanz	28 59	41 0
Holar	341 40	65 22	Alexandria	29 52	31 12
Modruvellir	344 10	65 20	Dorylaeum	30 28	39 44
Genua	8 56	44 25	Atrib	31 14	30 30
Rye	9 32	54 50	Kairo	31 15	30 2
Bergamo	9 41	45 42	Askalon	34 34	31 40
Essenbek	10 7	56 27	Jerusalem	35 13	31 46
Dronthjem	10 22	63 26	Edessa	38 53	37 15
Lucca	10 31	43 51	Trapezunt	39 46	41 1
Reggio	10 37	44 42	Erzerum	41 16	39 54
Stiklastad[1]	11 35	63 48	Ani	43 30	40 40
Lund	13 11	55 42	Bagdad	44 22	33 20

[1] Nach Chr. Hansteen.

I.

1. Totale S. F. 693 Oktober 4, 20^h 8.1^m.

Elias von Nisibis (d. i. der um 1049 verstorbene nestorianische Bischof von Nisibis) gibt zu den Jahren 74 und 75 *Hidschra* (693 und 694 n. Chr.) in seiner Chronographie eine totale Sonnenfinsternis in doppelter Weise an:

a) »Das Jahr 74 begann am Dienstag, den 13. *Jjar* 1004 der griechischen Zeitrechnung (d. i. der seleuk. Ära); in ihm fand eine Sonnenfinsternis statt am 29. *Djemâdi I* und am 5. *Tesrîn I*, so daß die Sterne sichtbar wurden.«

b) »Das Jahr 75 begann am Sonnabend, den 2. *Jjar* 1005 der gr. Ztr., in ihm war eine totale Sonnenfinsternis am Sonntag, den 5. *Tesrîn I* um die 5. Tagesstunde.« (*Fragmente syrischer und arabischer Historiker*, herausgegeben und übersetzt von F. Baethgen) [*Abhdlgn. f. die Kunde d. Morgenlandes* VIII 3, S. 118 und 119].

Die beiden Jahresanfänge sind nach dem mohammedanischen Volkskalender mit seleukidischer Ära[1] 693 Mai 13 resp. 694 Mai 2. Die Bezeichnung »29. *Djemâdi I* und am 5. *Tesrîn I*« soll eine Gleichung vorstellen und besagen, daß der arabische 29. *Djemâdi I* = 5. *Tešrîn I* (seleuk. Monat) = 5. Oktober ist. Dies trifft am Datum 693 Oktober 5 zu, überdies stimmt der Wochentag = Sonntag hierzu in der Notiz b). Es handelt sich also hier nur um e i n e Finsternis und zwar um die am 5. Oktober 693 in den Morgenstunden stattgefundene Sonnenfinsternis.

Die Chronographie des Elias von Nisibis war den älteren Orientalisten noch unbekannt, sie ist erst im 19. Jahrhundert aufgefunden und nach London gebracht worden. Der Autor hat die seltene Gewohnheit, zu seinen Notizen die Quellen anzugeben, aus denen er die Nachrichten geschöpft hat. Zu der Stelle a) werden Huwarazmi und Iso'deneh, Metropolit von Basra, zu b) wird Huwarazmi allein genannt. Dieser Huwarazmi wird von Hammer-Purgstall in der *Literaturgeschichte der Araber*[2] unter den »Astronomen« des Kalifats angeführt: no. 1158, Mohammed Ben Musa el-Chuaresmi (um 218 *Hidschra* = 833 n. Chr.), der Chuarezmier. Derselbe war als Bücherbewahrer unter dem gleichzeitigen Kalifen Al Mâmun angestellt; er wird

[1] Ginzel, *Handb. d. math. u. techn. Chronol.* I 263 f.

[2] III. Bd., 1. Abteilg., S. 263.

als Verfasser astronomischer Tafeln, eines Buches über Sonnenuhren, eines über den Gebrauch des Astrolabiums, eines Algebrabuches und einer »Geschichte« gerühmt. Die letztere enthielt jedenfalls die Nachricht über die Sonnenfinsternis, die Huwarazmi aus den ihm zugänglichen lokalen Aufzeichnungen geschöpft hat. Als Beobachtungsort ist Bagdad, der Sitz der Abbassidenkalifen anzusehn, wo die Bibliothek aufgestellt war, und wo Mâmun auch die erste Sternwarte unter der Kalifenherrschaft erbaut hatte[1]. — Über den Metropoliten von Basra scheint nichts Näheres bekannt zu sein.

Die Sonnenfinsternis habe ich bereits früher (G III)[2] mit drei Quellen, Theophanes (Confessor), Paulus Diaconus und Kedrenos belegt. Der erstere ist ein byzantinischer Schriftsteller, der die unvollendet gebliebene Chronik des Georgios Synkellos (gest. 810/11) fortsetzte; er benutzte die oströmischen Kirchenschriftsteller, für die spätere Zeit Malalas, Symokatta u. a., und eine ausführlich geschriebene Stadtchronik von Byzanz[3]; aus letzterer stammt wahrscheinlich der Finsternisbericht, er bezieht sich also auf Byzanz oder doch wenigstens auf Thrazien. Bei dem zweiten Autor handelt es sich um die als *Historia miscella* bekannte, von Landulf Sagax (um 1000) unternommene Überarbeitung und Fortsetzung der *Historia Romana* des Paulus Diaconus (aus Friaul, geb. um 720). Beide Finsternisberichte sind gleichlautend und melden, daß im 9. Jahre Justinian II (693) in der 3. Tagesstunde eine S. F. war, bei welcher die Sterne deutlich hervortraten; falls nicht beide Berichte aus gleicher Quelle stammen, könnte der des Paulus Diac. auch aus Oberitalien herrühren, wo die Finsternis ebenfalls total war (Paulus Diac. schrieb zu Pavia)[4]. Der dritte Chronist Georgios Kedrenos kommt für die Beurteilung der S. F. nicht in Betracht, da seine Weltchronik fast nur eine Kompilation früherer Werke (bis 1057) ist.

Während die Meldung des Huwarazmi die Totalität für Bagdad feststellt, ergänzen Theophanes und Paulus Diac. die Lage der Zentralitäts-

---

[1] Daselbst I. Bd., 1. Abteilg., S. XLVII.

[2] Meine eingangs dieser Abhandlung erwähnten »*Astron. Unters. über Finsternisse*« sind im folgenden mit G I, G II, G III bezeichnet.

[3] S. Krumbacher, *Geschichte d. byzant Literatur*, 2. Aufl. 1897, S. 343.

[4] Über die Quellen bei Paulus Diac. vgl. M. Manitius, *Geschichte d. latein. Liter. des Mittelalters* (Müllers *Handb. d. klass. Altert.-Wiss.*, 9. Bd. 1911, S. 262f.), W. Wattenbach, *Deutschl. Gesch.-Quellen im Mittelalter*, 7. Aufl. 1904, I. Bd., S. 180.

zone für Thrazien oder Byzanz; die berechneten Grenzen der Zentralität, die man auf Karte IV dieser Abhandlung eingetragen findet, genügen beiden Meldungen völlig:

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 312°$	$\lambda = 27.42°$	$\phi = 40.98°$	$\lambda = 27.60°$	$\phi = 39.29°$
315	29.85	40.19	30.01	38.49
318	32.22	39.39	32.36	37.68
321	34.54	38.57	34.66	36.83
324	36.81	37.72	36.91	35.94
327	39.03	36.84	39.10	35.04
330	41.19	35.93	41.23	34.11
333	43.30	35.01	43.31	33.16
336	45.36	34.07	45.35	32.19
339	47.37	33.10	47.33	31.21
342	49.33	32.12	49.26	30.22

Die Zeiten der Maximalphasen stimmen ebenfalls: s. oben, für Byzanz »dritte Tagesstunde« (ca. $20^h\ 50^m$ Maximum), für Bagdad »fünfte Tagesstunde« (ca. $22^h\ 12^m$ Maximum)[1].

2. Ringförmig totale S. F. 1030 August 31, $2^h\ 9.4^m$.

Chr. Hansteen hatte schon 1833 in einem Aufsatze über das Datum der Schlacht bei Stiklastad[2] auf eine Sonnenfinsternis aufmerksam gemacht, welche am Schlachttage sich ereignet haben sollte, an welchem der König Olaf Haraldssons seinen Tod fand; das Datum der Schlacht und der S. F. sei der 31. August 1030. Im Jahre 1849 gab Hansteen die astronomische Berechnung der S. F.[3] und verwendete das Ergebnis zur Verbesserung der Burckhardtschen Mondtafeln. Seitdem ist die S. F. von Hansen, Airy, Newcomb, Oppolzer u. a. zur Prüfung der Mondtheorie verwendet worden. Hjort wies aber, unter Berufung auf Konrad Maurer, darauf hin[4], daß der Schlachttag nicht mit der S. F. zusammengefallen sein könne, sondern daß zwischen beiden Tagen die Differenz von einem Monat liege, da für

[1] Vgl. Ginzel, *Handb. d. math. u. techn. Chronol.* III 91.

[2] *Om det rette aar og dagen, da slaget ved Stikklestad blev holdet* (*Samlinger til det Norske Folks og Sprogs Historie* I. Bd., p. 452 f., II. Bd., p. 157 f.).

[3] *Ergänzungsheft z. d. Astron. Nachrichten*, Altona 1849, S. 41—52.

[4] *Astron. Nachr.* 120. Bd. 1889, S. 183.

die Schlacht der 29. Juli 1030 anzunehmen sei; wo die S. F. beobachtet wurde, sei fraglich »und die Finsternis wird also aus dem Verzeichnis der chronologischen Sonnenfinsternisse zu streichen sein«. Wegen der letzteren Bemerkung, ferner weil die S. F. als nordische in das Programm der vorliegenden Abhandlung fällt, erfährt die S. F. im folgenden eine nochmalige Behandlung.

König Olaf (geb. 995), ein eifriger Heidenbekehrer, unterwarf Norwegen mit dem Dronthjemlande 1015/16. Den Wühlereien des Dänenkönigs Knut gelang es durch Benutzung verschiedener Umstände 1028, viele der Lehensleute Olafs zum Abfall vom Könige zu bewegen, und sich der Herrschaft über Norwegen zu bemächtigen. Olaf, der bei den Russen Hilfe gesucht hatte, machte im Frühjahr 1030 den Versuch, sein Land wiederzugewinnen, brachte aber nur ein kleines Heer zusammen, mit welchem er die Kjölen überstieg; im Dronthjemlande stieß er auf eine ihm weit überlegene feindliche Streitmacht und fiel im Kampfe bei Stiklastad (nordöstlich von Dronthjem). — Die älteren nordischen Chronisten und Historiker sind betreffs des Todesjahrs Olafs schwankend; nach Are Frode, Torfaeus und einigen Sagen war es das Jahr 1030, nach Lagerbring 1032, nach Suhm 1033, nach anderen das Jahr 1028. Konrad Maurer hat durch eine sorgfältige, auf alle Quellen Bezug nehmende Untersuchung über das Leben Olafs festgestellt[1], daß nur das Jahr 1030 in Betracht kommen kann. Hiermit stimmen die isländischen Annalen, von welchen ich hier zwei Proben gebe:

Lögmanns-annall[2] p. 250 zum Jahre 1030: Fall hins helga Olafs a Stiklastodum.

Gottskalks-Annaler[3]: M°XXX. Passio sancti Olavi regis.

Als Tag der Schlacht gilt nach *Snorre Sturlason's Heimskringla* der IV. kal. Augusti = 29. Juli:

cap. 239 (Saga Olafs hins helga)[4]. Þa varð þat, er fyrr var sagt, at himinn var heiðr, sen sol hvarf at syn ok gerði myrkt.

[1] *Die Bekehrung des norwegischen Stammes zum Christentum.* II. Bd. (München 1856), S. 530—540.

[2] Storm, *Islandske Annaler indtil 1578*, Christiania 1888.

[3] Daselbst p. 317.

[4] *Heimskringla eller Norges Kongesagaer af Snorre Sturlasson*, udgivne ved C. R. Unger. Christiania 1868, S. 491, 499.

þess getr Sigvatr: Undr lata þat ytar drjug varð a þvi doegri,
eigi smatt, er mattit dagr naðit lit fögrum,
skaenjörðungum skorðu orrostu fra ek austan
skylauss röðull hlyja. atburð konungs furða.

[1][Da geschah, wie früher erwähnt, daß der Himmel klar war. Aber die Sonne verschwand und es wurde finster. Davon sagt Sigvatr: Die Männer hielten das für kein kleines Wunder, daß die (von keinen Wolken) verborgene Sonne die Männer nicht erwärmen konnte. Großes Wunder geschah an diesem Tage, da er ein schönes Aussehen nicht hatte. Ich erfuhr im Osten die Ereignisse des Kampfes des Königs]. cap. 248: Olafr kónungr fell miðvikudag IIII. kal. Augusti. þat var naer miðjum degi, er þeir fundust, en fyrir miðmunda hosst orrostan; en konungr fell fyrir nón en myrkrit helzt fra miðmunda til nóns. [König Olaf fiel Mittwoch, den IV. kal. Aug. Es war nahezu Mittag, als sie (die Heere) sich begegneten. Vor miðmunda (= vor $1^{r}/_{2}{}^{h}$ nachmittags) fing die Schlacht an und die Finsternis dauerte von miðmunda bis Non (= hora nona = 3^{h} Nachmittag).] — Das *Flateyjarbok*[2] enthält dieselbe Stelle gleichlautend (cap. 286 und 295); es ist, da viel später geschrieben, nicht selbständig. — Ferner berichtet die sog. legendarische *Olafssaga* (Ausg. 1849), cap. 93, S. 70: Nu let Olafr konungr lif sitt. þa vard sva mikil ogn, at solen fal geisla sinn ok gerde myrkt. En aðr var fagrt veðr. Eftir þvi, sem þa var, er sialfr skaparenn for af veruldinne. [Jetzt ließ König Olaf sein Leben. Da geschah das große Wunder, daß die Sonne ihren Strahl verbarg und es finster wurde. Gerade wie damals, als der Schöpfer selbst von der Welt schied.]

An der Angabe des *Heimskringla*[3], daß der 29. Juli der Schlachttag gewesen sei, ist zu zweifeln kein Grund vorhanden. Auch stimmt der Wochentag, Mittwoch, in den Jahren 1028 bis 1033 nur im Jahre 1030 auf den 29. Juli. Anderseits ist während der ganzen Regierungszeit Olafs

[1] Die Übersetzung dieser Stelle und der isländischen Texte in dieser Abhandlung verdanke ich dem schwedischen Historiker Nat. Beckman.

[2] 2. Band, Christiania 1862, S. 355, 356 und 367.

[3] Die *Heimskringla* gilt als die beste isländische Geschichtsschreibung. Der Verfasser, Snorre Sturlasson, war Isländer (geb. 1178) und schrieb das Werk, gestützt auf mündliche Sagen, Lieder, geschriebene Berichte, und die Gesänge der Skalden, bis auf seine Zeit (1177). — Die skandinavischen Kirchspiele feiern den Gedächtnistag des heil. Olaf am 29. Juli.

keine andere totale S. F. in Norwegen möglich gewesen als die vom 31. August 1030. Schlacht und S. F. liegen also um mehr als einen Monat auseinander und zwar die S. F. später als des Königs Tod. Die gemeldete Verfinsterung der Sonne kann man nicht als bloße »meteorologische Verdunkelung« abtun, da sie sonst nicht als »großes Wunder«, das am klaren Tage eintrat, hätte bezeichnet werden können. Der Zusammenhang zwischen Schlacht und Sonnenfinsternis ergibt sich erst aus der Betrachtung der zeitlichen Begebnisse.

König Knut hatte den aufständischen Lehensleuten verschiedene Vorteile für ihre Mitwirkung versprochen, darunter die Verleihung der Jarlswürde. Sofort nach dem Tode Olafs aber brach er alle seine Versprechungen und behandelte Norwegen wie eine dänische Provinz. Es trat deshalb sehr schnell Ernüchterung bei den Helfern ein. Die Reue über den begangenen Verrat machte schnell einer Verherrlichung Olafs Platz; man griff angebliche Wunderzeichen auf, die zu Olafs Tod Beziehung haben sollten, und Olaf galt schon im nächsten Jahre, 1031, allgemein beim Volke als ein Heiliger[1]. In dieser Zeit der Spannung (die 1034 bis zur Empörung gegen Knut gediehen war) brachte man auch die Sonnenfinsternis, die man bald nach Olafs Fall gesehen hatte, mit dem Schlachttage in Verbindung. Der Sänger und Krieger Sigvatr, ein getreuester Anhänger, der dem Könige 15 Jahre gedient hatte, spricht in der obigen Stelle, wie er selbst sagt, nicht als Augenzeuge, sondern er »hörte nur davon« im Osten, d. h. in Schweden, da er sich auf einer Pilgerreise nach Rom befand[2]. Von Späteren, die die Olafsage aufzeichneten, wurden dann S. F. und Todestag des Königs miteinander verknüpft. — Der Ort, wo die S. F. als totale gesehen worden ist, läßt sich, nach dem Gesagten, nur zweifelhaft angeben; aber es wird wohl die Beobachtung im Dronthjemer Bistume, wenn nicht zu Dronthjem selbst, gemacht worden sein. Dort spielten sich die Ereignisse vor und nach der Schlacht ab. Häuptlinge und Volk werden nach der Schlacht nicht sofort auseinander gegangen sein, sondern man wird abgewartet haben, ob König Knut nun seine Versprechungen halten werde. In diese Zeit fiel unerwartet das Wunderzeichen der

[1] Vgl. K. Maurer a. a. O., I. Bd., S. 645, 647.

[2] Daß sich *Sigvatr* am Schlachttage nicht mehr bei Stiklastad befand, wird durch die Tatsache bekräftigt, daß König Olaf vor der Schlacht bittere Bemerkungen seiner Krieger anhören mußte darüber, daß der Dichter *Sigvatr* der Schlacht fernbleibe.

Finsternis. — Die S. F. 1030 August 31, ist demnach, entgegen der Meinung von Hjort (s. o.), nicht ganz ohne astronomischen Wert. Wenn die Mondtafeln die S. F. im Bistume Dronthjem total erscheinen lassen, ist der S. F. und den Umständen Genüge geschehen; zu einer Verbesserung unserer Tafeln kann man die S. F. allerdings nicht gebrauchen.

Die Rechnung nach meinen Elementen gibt für Dronthjem die Maximalphase = 12 Zoll, um $2^h\,48^m$ w. Zt., sie fällt also in die Mitte der Zeit, die (s. o.) hindurch die Verfinsterung dauerte (oder vielmehr dem Volke die Veränderung des Aussehens der Sonne auffällig wurde), zwischen midmunda und non. Die Zentralitätszone liegt folgendermaßen (s. Karte III):

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$t = 37°$	$\lambda = 6.93°$	$\phi = 65.85°$	$\lambda = 6.73°$	$\phi = 65.22°$
40	9.11	64.64	8.89	64.00
43	11.25	63.41	11.03	62.79
46	13.38	62.18	13.16	61.59
49	15.50	60.96	15.30	60.39
52	17.64	59.74	17.43	59.20
55	19.76	58.52	19.55	57.99

3. Ringförmige S. F. 1033 Juni 28, $23^h\,35.1^m$.

Für diese Finsternis habe ich (G. H 682—687) französische, deutsche, österreichische und italienische Quellen angeführt; jene von Dijon, Cluny, Fleury und Bèze tun dar, daß an diesen Orten die Erscheinungen beobachtet wurden, welche bei ringförmigen S. F. aufzutreten pflegen: das nicht gänzliche Verschwinden der Sonne, das merkwürdige Farbenspiel beim Eintritte der Zentralität. Für Limoges wird die Verfinsterung ausdrücklich als partiell beschrieben. — Durch die nachfolgenden Berichte wird die Beobachtungszone bis nach Armenien ausgedehnt:

a) Aristakes von Lastiwerd in seiner armenischen Geschichte (cap. IX, p. 29) nach Dulauriers Übersetzung[1]: Au commencement du règne de Michel IV (le Paphlagonien) le soleil s'obscurcit, dans le mois d'Arats, un vendredi, au déclin du jour. C'était l'année 482 de notre ère. A cette vue, nombre de savants pensèrent que ce jour était celui de la naissance de l'Antéchrist ou le présage des plus grands malheurs. Ces malheurs

[1] *Recherches sur la Chronol. arménienne*, T. I, Paris 1859 [*Anthologie chronologique*, p. 287 f.].

arrivèrent effectivement de notre temps, à l'époque où nous conduit le fil de notre récit. Nous avons vu de nos propres yeux ces châtiments de la colère céleste, ces calamités effroyables qui sont tombées sur la nation arménienne. — Samuel von Ani setzt in seiner Chronographie[1] die S. F. auf 484 Arm. Ära.

b) Mathaeus von Edessa in seiner Geschichte Armeniens (cap. XLVIII) nach Dulauriers Übersetzung: En 485 le soleil s'obscurcit et offrit aux regards un aspect sinistre et menaçant, car de la manière qu'il avait voilé sa lumière au moment du crucifiement de Jésus-Christ, il se couvrit alors de ténèbres et se revêtit de deuil. Les astres s'enveloppèrent d'obscurité et les cieux se tendirent de noir comme d'une ceinture. Le soleil cessa de briller au milieu du jour, et les étoiles apparurent comme pendant la nuit. Les ténèbres devinrent si épaisses, que toutes les créatures se mirent à pousser des cris, dont retentissaient les montagnes et les collines.

Das armenische Jahr 482 (dieses läuft von 1033 März 13, bis 1034 März 12) und der Wochentag Freitag sind bei Aristakes richtig angegeben. Die Ansätze 484 resp. 485 bei Samuel von Ani und Mathäeus von Edessa sind entweder Irrtümer dieser Autoren oder Eigentümlichkeiten in der Jahreszählung der armenischen Volksära. Denn zwischen 482—485 (= 1033—1036) gab es keine andere für Armenien zentrale S. F. als die vom 29. Juni 1033. Der Monat *Araths* bei Aristakes ist nach dem armenischen Kirchenjahr (6. Monat Juni) gemeint[2] (nach bürgerlicher Zählung der Monat *Trè*). — Die Beobachtungen der S. F. sind auf das zentrale Armenien, wahrscheinlich auf die alte Hauptstadt Ani zu beziehen, welche später (1064) zerstört wurde. Aristakes bringt in seiner »Geschichte des Wartaped Aristakes von Lastiwerd« (von 989 bis 1071) meist Nachrichten über das innere Armenien und über die Stadt Ani. Samuel »der Priester« (um 1148) gehörte zur Kirche von Ani. Seine Weltchronik (bis 1178) berücksichtigt die armenischen Denkwürdigkeiten (sie ist auf Anordnung des Katholikos Gregorios geschrieben). Mathaeus von Edessa [oder Urha] (gest. 1144) nahm in seiner Geschichte Armeniens (von 952—1132) viele Nachrichten aus arabischem, griechischem und lateinischem Geschichtsmaterial[3].

[1] Migne, *Patrol. graec. et latin.*, vol. XII. 1857, c. 791—934.

[2] Vgl. Ginzel a. a. O., III 317.

[3] Näheres über diese Autoren bei C. F. Neumann, *Versuch einer Geschichte der armen. Literatur.* Leipz. 1836, S. 142 f., S. 163 f., S. 74.

Sollte Ani bestimmt der Beobachtungsort gewesen sein, so würde die Zentralitätszone der S. F. (s. unten) noch eine kleine nördliche Verschiebung vertragen; das Maximum für Ani finde ich 11.5 Zoll, um $3^h\ 30^m$ w. Zt. Auf eine solche kleine Verschiebung scheinen auch die oben erwähnten Berichte aus Dijon, Fleury, Bèze hinzudeuten, dagegen spricht nur Cluny. Zentralitätszone (Karte IV):

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$i = 33°$	$\lambda = 29.74°$	$\phi = 43.79°$	$\lambda = 29.70°$	$\phi = 43.56°$
36	31.76	43.26	31.71	43.02
39	33.79	42.70	33.73	42.44
42	35.82	42.08	35.77	41.81
45	37.88	41.40	37.82	41.12
48	39.95	40.69	39.88	40.39
51	42.03	39.92	41.96	39.60
54	44.14	39.10	44.05	38.76
57	46.27	38.24	46.18	37.88
60	48.42	37.33	48.33	36.95

4. Totale S. F. 1113 März 18, $17^h\ 59.6^m$.

Diese S. F., für die ich schon (G. II 693f.) den Mönch Fulcher und einige die Geschichte Palästinas streifende Chronisten zitiert habe, findet hier Erwähnung, da sie auch in Armenien bemerkt worden ist; ferner ist jetzt ein einwandfreier Nachweis für den Beobachtungsort Fulchers möglich. Fulcherus Carnotensis (d. i. von Chartres), geb. wahrscheinlich 1059, gest. 1127 oder 1128, war Kreuzfahrer und seit Oktober 1097 Kaplan des Grafen Balduin. Nach der Einnahme von Jerusalem war er dort ansässig, machte aber auch militärische Unternehmungen außer Landes mit; in den Jahren 1118—1127, und zur Zeit der S. F. war er sicher in Jerusalem. Wie die Art des Berichtes zeigt, hat er dort die S. F. selbst beobachtet. Es heißt in seiner *Historia Hierosolymitana*[1] (die er wahrscheinlich um 1101 zu schreiben anfing), daß im Monat März 1113 sich die Sonne früh bis zur ersten Stunde (etwa 7^h morgens) auf der einen Seite verfinstert habe und zwar vom oberen Rande nach unten; sie verlor nicht alles Licht, son-

[1] Neue Ausgabe v. Heinr. Hagenmeyer, *Fulcheri Carnotensis Historia Hierosolymitana* (1095—1127), mit Erläuterungen und einem Anhange herausgegeben. Heidelberg 1913. S. 564.

dern die Verminderung schien nach der Meinung des Beobachters den 4. Teil zu betragen[1] und die Sonnenscheibe schien ein wenig von gehörnter Form.

Der Armenier Samuel von Ani[2] merkt zum Jahre 562 Armenische Ära (1113) an: Eodem denique anno per sancti Paschatis quadragenarium jejunium quintae hebdomadae feria quarta, qua die sidera olim creata sunt, solis defectus fuit. — 1113 war Ostern = 6. April, der 4. Fastensonntag (3. Sonntag vor Ostern) = 16. März, also die 5. Fastenwoche = 16.—23. März; in diese fiel die S. F. Mittwoch = feria IV = März 19. — Zu den abendländischen Chronisten, welche die S. F. erwähnen, füge ich hinzu: *Alberti Milioli notarii Regini cronica imperatorum*: Zum Jahre 1113. Sol passus est eclipsin, et terremotus in Jerosolimitano regno in illo bis extitit anno[3]. — Die S. F. fiel in die Zeit, in der armenische Boten nach Jerusalem die Nachricht brachten, daß ein Überfall der Muslimen unter Maudud bevorstehe (März 1113)[4].

Die Maximalphase der S. F. 10.1 Zoll um $19^h\,11^m$ w. Zt., entspricht den Angaben Fulchers. Für Armenien war die S. F. wenig auffällig, für Erzerum etwa 9.6 Zoll; nicht, wie Dulaurier[5] vermutet, total. Die Zentralitätszone läuft sehr südlich, über Ägypten, Nordarabien, Persien; nur ein Teil davon fällt in Karte IV:

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$t = \dot{2}84°$	$\lambda = 32.99°$	$\phi = 22.64°$	$\lambda = 33.83°$	$\phi = 20.14°$
287	35.47	23.35	36.34	20.78
290	37.85	24.19	38.75	21.55
293	40.14	25.14	41.08	22.43
296	42.35	26.20	43.31	23.42
299	44.48	27.35	45.46	24.50
302	46.53	28.60	47.54	25.68
305	48.51	29.96	49.55	26.95
308	50.41	31.41	51.47	28.33

Fulcher hat auch die totale S. F. 1124 August 11, in Jerusalem selbst beobachtet; sie erschien, da ihre Zentralitätszone über Schweden-Norwegen

[1] In der Ausgabe von Guizot (*Collect. des Mémoires relat. à l'histoire de France*, T. XXIV, Paris 1825), p. 171, steht »der 5. Teil«.

[2] Migne, *Patrol. graec. et lat.*, vol. XIX., c. 735; vgl. Dulaurier, *Réch. s. la chronol. armén*, T. I, p. 306/7.

[3] *Mon. Germ. Hist. Scriptores* XXXI (1903), p. 633.

[4] R. Röhricht, *Geschichte d. Königreichs Jerusalem*. Innsbruck 1898, S. 100, A. 2.

[5] A. a. O., p. 373.

und Rußland lief, für Jerusalem nur partiell; »die Sonne in dunkelroter Farbe und im Aussehen zweigehörnt wie der Mond bei einer Finsternis«, sagt Fulcher[1]. Ich habe diese S. F. außerdem mit englischen, deutschen, polnischen und böhmischen Quellen belegt (G. II 694—696). Für Schweden-Norwegen habe ich keine historischen Nachweise der S. F. gefunden, sie ist daher in der gegenwärtigen Abhandlung nicht weiter verfolgt.

5. Totale S. F. 1131 März 30, 2^h 1.0^m.

Folgende isländische Annalen berichten über die S. F.:

Annales Reseniani[2]: 1131, Eclypsis solis facta est III. Kal. Aprilis (= 30. März) quasi ora. — *Henrik Hoyers Annaler*[3], 1131 Eclipsis solis 3. Kal. apl. — *Lögmanns-annall*[4]: 1132, Ecklipsis solis. — *Gottskalks-Annaler*[5]: 1131 eclipsis solis III. Kal. aprilis quasi hora. — *Flateyjarbok*[6]: ecliphsis solis.

Diese Quellen bedürfen einer Bemerkung, auch wegen der weiterhin noch zu erwähnenden isländischen S. F. Nr. 8, 9, 13, 14, 15 u. 17. Die isländischen Annalen sind in neuerer Zeit von Nat. Beckman kritisch untersucht worden[7]. Sie erweisen sich in ihren Aufzeichnungen etwa von 1104 an als selbständige Quellen. Beckman hat auch die ursprünglichen Annalen, aus denen spätere schöpften, von 1022—1176 wieder herzustellen gesucht. Wahrscheinlich stammen jene Urannalen aus dem Kirchspiele von Skalholt. »Zuweilen, und nicht gerade selten, zeigen sich manche isländischen Annalen besser unterrichtet als die dänischen.« Die hier aufgeführten S. F. sind ohne Ausnahme in Island beobachtet und dort annalistisch vermerkt worden. Als Beobachtungsorte gelten die Niederlassungen im südlichen Teile der Insel, namentlich Skalholt, Reykjavik. Die Lage der Zentralitäts-

[1] Ausg. Hagenmeyer, S. 746.

[2] G. Storm, *Islandske Annaler indtil 1578*, Christiania 1888, p. 20 [Nr. 21 der *Norske histor. Kildeskrift-fond*].

[3] Daselbst p. 59.

[4] Daselbst p. 252.

[5] Daselbst p. 320.

[6] *Flateyjarbok, en samling af norske konge-sagaer med indskudte mindre fortaellinger om begivenheder i og udenfor Norge, samt Annaler.* III. Bd. (1868), p. 513.

[7] *Quellen und Quellenwert der isländ. Annalen* (*Xenia Lideniana, Festskrift t. Prof. E. Liden*, Stockholm 1912]; vgl. *Annalstudier* [*Studier i nordisk filologi*, III. Bd., Nr. 4, Helsingfors 1911].

zone der S. F. 1131 März 30, ist in Karte I ersichtlich; für Skalholt trat die Max. Phase $11^1/_2$ Zoll in der ersten Stunde nach Mittag ($1^h\ 30^m$) ein.

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 10°$	$\lambda = 330.09°$	$\phi = 65.36°$	$\lambda = 330.27°$	$\phi = 61.96°$
13	332.57	66.40	332.68	63.06
16	335.10	67.36	335.13	64.08
19	337.67	68.24	337.63	65.01
22	340.29	69.04	340.17	65.89
25	342.94	69.77	342.76	66.70
28	345.61	70.43	345.38	67.45

6. Totale S. F. 1133 August 2, $0^h\ 1.0^m$.

Diese S. F. ist die bedeutendste unter denen, welche im Abendlande während des Mittelalters stattgefunden haben. Ich habe sie mit 78 chronistischen Nachweisen aus England, Belgien, Niederlande, Deutschland, Österreich, Italien belegen können (G. II 697—705). Die folgende Nachricht zeigt, daß sie auch in Armenien gesehen worden ist:

Samuel von Ani (Chronographie[1]): 582 [Arm. Ära = 1133] solis defectus fuit die altera Augusti feria quarta (= Mittwoch) qui ab hora diei septima usque ad pomeridianam nonam perseveravit.

Für die Stadt Erzerum trat die Maximalphase ein um etwa $3^h\ 30^m$, d. i. in der neunten Tagesstunde, Größe etwa 9.2 Zoll. — Wie man aus der Lage der Zentralitätszone in Karte IV ersieht, war die S. F. in Palästina total. Dies wird bestätigt durch eine abendländische Meldung, nach welcher am Finsternistage ein Kampf zwischen den Christen und Muslimen stattgefunden hat, während dessen die S. F. eingetreten sei und die Christen vom Untergange befreit hätte: *Annales Rodenses*[2]. A. D. 1133 factae sunt tenebrae obscurato iam sole in toto orbe ..... 4. Non. Augusti (= 2. Aug.) .... hac enim die magnus ut ferebatur conflictus inter Turcos et Ierosolimitanos est factus, a mane diei utrisque usque meridiem conpugnantibus, et tunc convictus cessit et perisset penitus, ut dixerunt, noster exercitus, nisi quod praedictis incidentibus tenebris suos liberavit dominus Deus. — Für Palästina trat das Maximum der Totalität um 3^h nachmittags ein.

[1] Migne, *Patrolog. graec. et lat.*, vol. XIX., c. 739/740.

[2] *Mon. Germ. Hist. Script.* XVI (1859), p. 710; vgl. Röhricht, *Geschichte des Königreichs Jerusalem* 1898, S. 198, A. 3.

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$t = 36°$	$\lambda = 28.47°$	$\phi = 37.95°$	$\lambda = 27.61°$	$\phi = 35.12°$
39	30.24	36.30	29.37	33.50
42	32.01	34.64	31.15	31.86
45	33.81	32.96	32.95	30.21
48	35.64	31.28	34.78	28.57
51	37.51	29.59	36.65	26.92
54	39.40	27.92	38.57	25.28
57	41.31	26.25	40.53	23.63

7. Ringförmige S. F. 1147 Oktober 25, $22^h\,44.8^m$.

Diese S. F. fällt in die Zeit des zweiten Kreuzzuges. Ein Teil des Heeres Konrad III. sollte Mitte Oktober 1147 von Nicaea mit einem griechischen Führer über Dorylaeum nach Iconium marschieren. Der Führer verschwand aber in der Nacht des 25. Oktober, und am nächsten Morgen, dicht vor Dorylaeum, wurde das Heer von überlegenen feindlichen Reiterscharen überfallen. Während des Kampfes erschreckte noch die Sonne, die »den Anblick eines halben Brotes« darbot, das Heer, und der anfängliche Widerstand verwandelte sich in eine vollkommene Niederlage der Deutschen. Hierüber berichtet ein Augenzeuge wie folgt:

Odonis de Diogilo de Ludovici VII Francorum regis cognomento junioris profectione in Orientem; lib. IV[1]*:* Illo die sol vidit scelus quod ferre non potuit, sed ne videretur illud aequare proditioni Dominicae, servivit mundo dimidius, et dimidius se abscondit. Cum igitur exercitus dimisso rege procederet, et solem in forma dimidii panis magna diei parte conspiceret, verebatur ne ille qui super alios fide lucebat, dilectione fervebat, spe superna tenebat, proditione Graecorum aliqua portione sui luminis privaretur. Sed aliud accidit aeque dolendum. Imperator enim Alemannorum a duce suo proditus, et in concavis montibus clam relictus, multis suorum jaculis Turcorum confossis millibus, retrocedere compulsus est sicut postea referemus. Quod postquam didicimus, quid significaret coeleste prodigium rectius exposuimus, dicentes nostrum regem et Alemannum unum esse solem, quoniam unius fidei lumine coruscabant; et hunc lucere dimidium, et dimidii

[1] Migne, *Patrol. latin.* vol. CLXXXV., 2. Teil, c. 1228; vgl. betr. d. Datums der S. F. c. 1245—46. — Siehe auch Guizot a. a. O., T. XXIV, Paris 1825, p. 336 s.; R. Röhricht, *Beiträge z. Geschichte der Kreuzzüge*, 2. Bd, Berlin 1878, S. 70, 71.

circuli radios abscondisse, quando rege fervore solito tenente cursum, Alemanni retrocedebant.

Der Schreiber dieses Berichtes, Odo von Diogilo (d. i. Deuil bei Montmorency), gehörte zu den Geistlichen der Abtei St-Denis, wurde Sekretär und Kaplan des Königs Ludwig VII. und begleitete diesen auf dem Feldzuge nach dem Heiligen Lande; nach seiner Rückkehr wurde er 1151 Abt in Compiègne (gest. 1162)[1].

Zeit und Ort der Beobachtung sind völlig bestimmt: am Vormittag des 26. Okt. 1147, Dorylaeum. Ich finde aus den Elementen zu Nr. 7: Maxim. Phase 10.0 Zoll, $0^h\ 47^m$ w. Zt.

Die S. F. war außerdem in Belgien total und in einigen Teilen Deutschlands sehr auffällig. Die Quellen dafür habe ich früher (G. II 710—712) angegeben. Ich füge noch folgende beiden hinzu:

Cronica pontificum et imperatorum Tiburtina[2], 1147, hoc anno obscuratus est sol VI. (r. 7.) kal. Novemb. — *Cronica apostolicorum et imperatorum Basilecnsia*[3]: 1147 .... obscuratus est sol.

Die Zentralitätszone findet man in Karte IV.

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 9°$	$\lambda = 27.22°$	$\phi = 33.88°$	$\lambda = 26.83°$	$\phi = 31.69°$
12	28.79	32.30	28.39	30.15
15	30.35	30.76	29.92	28.66
18	31.88	29.30	31.43	27.24
21	33.41	27.93	32.96	25.91
24	34.96	26.67	34.48	24.65

8. Totale S. F. 1187 September 3, $23^h\ 31.4^m$.

Diese S. F. habe ich (G. II 719—721) mit französischen, dänisch-schwedischen, deutschen, österreichischen und italienischen Quellen belegt. Durch die folgenden Nachweise wird die historische Beobachtung weiter für Island und Palästina sowie Armenien dargetan, wodurch die von mir s. Z. proponierte westliche Korrektion der Zentralitätszone bekräftigt wird.

[1] Näheres über Odon de Deuil s. *Histoire littéraire de la France* (herausg. v. d. Benediktiner-Kongregat. St-Maur), T. XII, Paris 1763, p. 614 f. Aug. Molinier, *Les sources de l'hist. de France*, pr. part II (1902) no. 2171.

[2] *Mon. Germ. Hist. Script.* XXXI (1903), p. 262.

[3] Daselbst, p. 292.

a) Palästina. — Während des 3. Kreuzzugs hatte Saladin den König Guido von Jerusalem in der Schlacht bei Hattin (4. Juli 1187) total geschlagen und in schneller Folge Tiberias, Akkon, Sidon, Beirut (dieses am 6. August) und andere befestigte Plätze der Christen eingenommen. Nach der aufgegebenen Belagerung von Tyrus begann er am 23. August die Belagerung von Askalon. Während der Verhandlungen über die Kapitulation der letzteren Stadt, am 4. September, trat eine S. F. ein; die Abgesandten der Besatzung beeilten sich daraufhin, die Stadt am nächsten Tage (5. September) zu übergeben[1]. Die *Estoire de Eracles empereur et la conqueste de la terre d'outremer* berichtet darüber in den Ereignissen während des August und September 1187 (XXIII. Buch, 52. Kap.)[2]:

Le jor que Escalone fu rendue, vindrent cil de Jerusalem a Salahadin parler, que il lor avoit mandé por faire pais de la cité a eaus, se il peust. Celui jor . . . . vendredis, si se mua li solaus [= soleil] en droit l'ore [= entre heure] de none que il' sembla que il fust nuit. — Abu'l-Feda bestätigt[3] die Zeit der Kapitulation von Askalon, indem er sagt: On était alors à la fin du mois de *Djoumada* second (d. i. 28. *Djumad. II* 583 *Hedj*). — Der angegebene Tag der S. F., 4. September = Freitag, stimmt.

Für Askalon finde ich als Maxim. Phase 10.9 Zoll um $2^h\ 24^m$ w. Zt.; entsprechend der 9. Tagesstunde.

Die abendländischen Chronisten, von denen viele ein Interesse an den Vorgängen im Heiligen Lande hatten, berichten ebenfalls über die S. F. Zu diesen Quellen, welche ich a. a. O. schon angegeben, füge ich noch zwei italienische hinzu: *Annales Cremonenses* a. 1185—1189[4]: (1187) Et eodem tempore Saldinus cepit Yerusalem, et sol obscuratus est a tercia usque ad nonam (Zeit wie oben). — *Annal. Cremon. Supplem.*[5]: A. D. ab inc. MCLXXXVII die III Iulii Yherusalem civitas capta est a Saladino . . . . et sol obscuratus est a tercia usque ad nonam, et diu post nonam in eodem statu permansit.

b) Armenien. — Guiragos [Cyriakus][6], der Verfasser eines Abrisses der Geschichte Armeniens erzählt vom Feldzuge Saladins im Jahre 636

[1] R. Röhricht, *Beiträge z. Gesch. d. Kreuzzüge,* I. Bd. 1874, S. 134; *Geschichte d. Königr. Jerusal.* 1898, S. 449.

[2] *Recueil des Historiens des Croisades* [*Historiens occidentaux,* T. II Paris 1859, p. 79, 80].

[3] *Historiens orientaux,* T. I 1872, p. 57.

[4] *Mon. Germ. Hist. Script.* XXXI (1903), p. 7.

[5] Daselbst, p. 186.

[6] Vgl. Neumann a. a. O. 189.

Arm. Ära (= 1187) und bemerkt (nach Dulauriers Übersetzung[1]): Le soleil s'éclipsa pendant plusieurs heures. — Für die Stadt Erzerum war die Phase ebenso groß wie für Askalon: etwa 11 Zoll, um $2^h\,44^m$.

Nörd. Grenze			Südl. Grenze	
$t = 320°$	$\lambda = 340.37°$	$\phi = 72.18°$	$\lambda = 340.76°$	$\phi = 69.67°$
323	343.15	71.70	343.50	69.13
326	345.90	71.15	346.21	68.52
329	348.63	70.54	348.90	67.85
332	351.34	69.87	351.55	67.13
352	8.40	63.68	8.18	60.49
355	10.77	62.43	10.48	59.20
358	13.08	61.10	12.72	57.83
1	15.32	59.70	14.88	56.37
4	17.51	58.21	16.98	54.82
28	32.66	43.97	31.68	40.65
31	34.35	42.06	33.35	38.77
34	36.03	40.15	35.02	36.94
37	37.69	38.26	36.68	35.13
40	39.38	36.42	38.37	33.35

c) Island und Skandinavien. — Eine isländische Quelle, *Saga Gudmundar Byskups*[2], die aus Annalen zitiert, meldet: þa dro myrkr firi solena um daginn, sva at margir menn uvitrir aetluðu, at heimslit mundu verða = Da (im Jahre des Verlustes von Jerusalem) zog eine Finsternis vor die Sonne, so daß unkluge Leute dachten, die Welt werde vergehen. — Das letztere ist eine öfters vorkommende Formel in Chroniken (namentlich Weltchroniken), die keineswegs auf Totalität einer S. F. gedeutet zu werden braucht, vielmehr nur im allgemeinen für die Auffälligkeit spricht[3]. Da aber die Zentralitätszone der obigen S. F. nahe nordöstlich von Island vorbeilief, war der Eindruck der Erscheinung im nördlichen Island bedeutend, für Holar die Maxim. Phase = 10.8 Zoll um $21^h\,22^m$ w. Zt. — Für Schweden war die S. F. total, nach den Quellen im Gebiete von Lund bedeutend. Die jetzige Lage der Zentralitätszone nach meinen emp. Korr. berücksichtigt diese aus den von mir früher (G. II 719) angeführten Chro-

[1] *Rech. s. la chronolog. arm.* I, p. 326.

[2] *Biskupa sögur*, Köbenhaven I 1858, S. 432; vgl. N. Beckman, *Xenia*, p. 17.

[3] Über die Verwendung des Ausdruckes *myrkr* s. d. nächste S. F. 1194 Apr. 22.

nisten und aus einigen anderen nachträglich gefundenen Quellen[1] folgende Forderung.

Die Zentralitätszone gebe ich für Island — für welches sie außerhalb der Karte I fällt — für Schweden (Karte III) und für Vorderasien an (Karte IV). Siehe vorstehende Tabelle.

9. Totale S. F. 1194 April 22, $1^h\ 23.9^m$.

Über diese Finsternis berichtet die auch zu S. F. Nr. 8 angegebene isländische Quelle der *Biskupa sögur*[2]: myrkrit mikla firi gangdagenn eina. [= Große Finsternis war vor dem kleinen der gangdagr.] gang-dagr sind die Bitt- oder Rogationstage (litania maior des Frühmittelalters); *gangdagrinn eini*[3] ist der kleine Bittag = 25. April. Die S. F. fand 3 Tage vor dem kleinen Bittage, am 22. April statt. *myrkr* = Finsternis, und *myrkrit mikla* = große Finsternis werden für die den nordischen Klimaten eigentümlichen meteorologischen Lufttrübungen, der zweite Ausdruck aber auch für »Sonnenfinsternis« gebraucht[4]. Daß es sich hier um eine wirkliche S. F., um keine meteorologische Verfinsterung handelt, geht aus der das Datum treffenden Notiz der Annalen des *Flateyjarbok*[5] zum Jahre 1193 (recte 1194) hervor: myrkr X. Kal. Maii [= 22. April]; außerdem ist die S. F. in den *Skalholtsannal*, *Gottskalks-Annaler* und den *Ann. Regii* notiert. Die Zentralitätszone der S. F. berührte die Insel selbst nicht, sondern lief nahe nordwestlich davon über die nördlichsten Teile von Norwegen und Schweden; nur die Südgrenze der Zentralität fällt noch in die Karte I. Für Skalholt betrug die Maximalphase etwa 11.2 Zoll (um $0^h\ 41^m$).

Südl. Grenze		
$t = 4°$	$\lambda = 334.83°$	$\phi = 66.29°$
7	337.30	66.68
10	339.78	67.04
13	342.28	67.40

[1] *Annales Lundenses* (*Mon. Germ. H. Script.* XXIX [1892] p. 206). — *Ex chronica Danorum Sialandica* (daselbst p. 213). — *Annales Essenbecenses* (p. 225).

[2] A. a. O. I 441.

[3] R. Cleasby (and G. Vigfusson) *An icelandic-english Dictionary*. Oxford 1874; p. 191.

[4] Daselbst, unter »*myrkr*«.

[5] III. Bd., p. 520. — Das *Flateyjarbok* (sogenannt nach der Insel Flatey, auf der es gefunden wurde) ist auf Island gegen Ende des 14. Jahrh. geschrieben und schöpft aus Sagen, Liedern, Erzählungen und Annalen isländischen Ursprungs.

10. Ringförmige S. F. 1236 August 2, $23^h\ 28.5^m$.

In isländischen Annalen vermerkt:

Lögmanns-annál[1]: 1236, Ecklipsis solis III.° N.° augusti [= 3. August] — *Gottskalks-annaler*[2]: 1236, eclipsis solis III nonas augusti. — Annalen des *Flateyjarbok*[3]: sub 1226 [recte 1236], myrkr vm midian dag. — Auch die letztere, in der Jahrangabe verfehlte oder entstellte Meldung »*myrkr* in der Mitte des Tags« hat auf die S. F. Beziehung, da die Max.-Phase für das südliche Island am Vormittage des 3. August stattfand (Skalholt 10.6 Zoll, $21^h\ 2^m$). Zentralitätszone s. Karte III.

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 346°$	$\lambda = 4.61°$	$\phi = 68.65°$	$\lambda = 4.75°$	$\phi = 65.78°$
349	7.07	68.39	7.14	65.51
352	9.51	68.11	9.50	65.20
355	11.94	67.78	11.86	64.86
358	14.36	67.41	14.19	64.48
1	16.74	67.01	16.51	64.05
4	19.10	66.56	18.80	63.58
7	21.43	66.07	21.07	63.07

11. Totale S. F. 1239 Juni 2, $23^h\ 58.9^m$.

Diese für die Prüfung der Mondtafeln wichtige S. F. ist 1875 von CELORIA[4] mit einer größeren Anzahl historischer Quellen für Südfrankreich und Norditalien belegt worden. Obgleich die S. F. nicht in das geographische Programm der vorliegenden Abhandlung gehört, habe ich sie mitgenommen, da ein dalmatinischer Autor, den ich bei der F. Nr. 12 zitieren muß, die S. F. mit eigenem Auge gesehen hat, und weil ich noch einige wichtige Totalitätsnachweise für Italien beibringen möchte, welche CELORIA noch nicht kennen konnte.

Der Archidiakon THOMAS von SPALATO (gest. 1268) schreibt unter den Ereignissen, die vor und während der Zeit des Erzbischofs ROGERIUS

[1] STORM, *Islandske Annaler*, p. 256.

[2] Daselbst, p. 327.

[3] III. Bd., p. 527.

[4] G. CELORIA, *Sull' eclissi solare totale del 3. Giugno 1239* (*Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano*, no. X, 1875).

(1249—1266) in Spalato und (dem ehemaligen) Salona vorfielen, folgendes[1]; per idem tempus, a. d. milles. CCXXXVIIII die tertio intrante mense iunio, facta est eclipsis solis mirabilis et terribilis, totus enim sol obscuratus est, et tota serenitas aëris obtenebrata est: et quasi noctis tempore stelle apparuerunt in celo, et quedam maior stella micabat iuxta solem ex occidentali parte. Tantusque pavor in omnes incubuerat, ut velut amentes huc illucque clamando discurrerent, mundi finem adesse putantes. Erat autem dies veneris luna tricesima. Et quamvis solis iste defectus per totam aparuisset Europam, in Asia tamen et Africa non dicebatur fuisse. (*Thomae archid. Spalat. Historia Salonitanorum pontificum atque Spalatensium a. s. Domino usque ad Rogerium,* cap. 33)[2]. — Die Wochentagangabe, Freitag, ist richtig; das Mondalter sollte, dem mittelalterlichen Gebrauch folgend, luna XXVIII sein, aber der Archidiakon Thomas gibt als aufgeklärter Mann, der sich bewußt ist, daß eine S. F. nur bei luna XXX oder luna I eintreten kann, richtig luna XXX an. Der »große Stern«, den er nahe der Sonne, westlich, bemerkte, war Venus (Position der Sonne AR = 78.83°, D = + 23.07°, Venus AR = 76.82°. D = + 23.15°)[3].

Für die Beobachtung der Totalität in Lucca, Reggio und Genua zitiere ich drei Augenzeugen: den Minoritenpriester Salimbene de Adam, Albertus Milioli und den Genuesen Bartholomaeus. Der erstere (1221 zu Parma geb.) trat 1238 in den Minoritenorden; im April 1239 kam er nach Lucca, welcher Ort ihm von dem Generalminister des Ordens als Aufenthalt zugewiesen war. Daselbst blieb er 2 Jahre; bald nach seiner Ankunft im Konvent sah er dort die S. F.[4]. — Milioli, einer Bürgerfamilie in Reggio angehörig, war Stadtschreiber und von 1265—1273 Notar, mit Verwaltungsgeschäften der Stadt Reggio betraut; der ältere Teil seiner Chronik ist städtischen Annalen entnommen[5]. — Bartholomaeus setzte die Annalen von Genua fort von 1225—1248.

[1] *Monumenta spectantia hist. Slavorum meridionalium,* edit. Acad. Scient. et Art. Slavor. meridion. — *Scriptores,* vol. III., Zagrabiae 1894, p. 121.

[2] Vgl. auch *Mon. Germ. Hist. Script.* XXIX, p. 584/85.

[3] Gerechnet mit P. V. Neugebauers *Tafeln f. Sonne, Planeten u. Mond,* Leipz. 1914. (*Tafeln z. Astron. Chronologie II*).

[4] O. Holder-Egger, *Zur Lebensgeschichte des Bruders Salimbene de Adam,* I. (*Neues Archiv d. Gesellsch. f. ältere deutsche Geschichtskunde.* 37 Bd. 1912, S. 165f); s. auch *Nachrichten d. G. d. W. Göttingen,* Phil. hist. Kl. 1901, S. 272f.

[5] Holder-Egger, Beitrag »*Salimbene u. Albert Milioli*« in dem Werke *Historische Aufsätze, Karl Zeumer zum 60. Geburtstag als Festgabe dargebr. v. Freunden u. Schülern,* Weimar 1910. — Derselbe, *Zur Doppelchronik von Reggio* (*Götting. Nachr.* a. a. O.).

Cronica fratris Salimbene de Adam ordin. Minor. p. 164[1]: Facta est solis eclipsis in qua sol orribiliter et terribiliter obscuratus fuit, et stelle apparuerunt, ut vidi oculis meis ego frater Salimbene de Parma, cum essem in civitate Lucensi, que est civitas Tuscie; et iam in ordine fratrum Minorum steteram per annum unum et tantum plus, quantum est a festo purificationis usque ad diem, qua sol obscuratus fuit in sexta feria [= Freitag] in hora nona, in mense Iunii, tertio die intrante; et videbatur quod esset nox obscura.... — Sol obscuratus est MCCXXXIX in sexta feria, in hora none, mense Iunii, tertio die intrante (p. 44; vgl. auch p. 159, 183 und 583).

Alberti Milioli notarii Regini liber de temporibus et aetatibus et cronica imperatorum[2]: Zu 1239. Et in hora none obscuratus est sol, et stelle apparuerunt mense Iunii tercio die intrante, et videbatur, quod esset nox obscura.

Bartholomaei Scribae Annales[3]: A. D. 1239, indict. 11 [d. h. Genuesische Indiktion[4]] eodem anno die Veneris tercio mensis Iunii intrantis parum post meridiem, cum tempus esset serenum et clarum, obscuratus est sol, et facta est nox per spatium cuiusdam temporis, et non erat aliquis qui recordaretur aliquo tempore consimile quid vidisse, nec tantam obscuritatem in die, nec etiam que tanto tempore perduraret. Unde quam plurimi stupefacti fuerunt et conterriti de visione tam mira.

Annales Bergomates[5]: an. MCCXXXVIIII. Die IIIe intrante Iunio hora nona sol obscuratus est, nulla nebula ipsum obtenebrante, et ita diu stetit caliginosus.....

Die Zeit der Totalität war für Genua die erste Stunde nach Mittag = hora VII, für Reggio, Lucca und Bergamo (in letzterer Stadt war die Phase nicht total, sondern 11.4 Zoll) ebenfalls in hora VII [die Quellen geben hora IX, also Verschiebung der Nona[6]], für Spalato hora VIII (um $1^h\,48^m$).

Die Zentralitätszone (nur der für Spalato in Betracht kommende Teil ist auf Karte II ersichtlich) verläuft wie folgt:

[1] *Mon. Germ. Hist. Script.* XXXII (1905—13).

[2] Daselbst XXX, p. 513.

[3] Daselbst XVIII (1863), p. 190;. Cafaro (1080—1166) hat diese Annalen begründet, sie wurden im Auftrage der Stadt Genua bis 1294 weitergeführt.

[4] s. Ginzel, *Handb. d. m. u. t. Chronol.*, III. Bd., S. 154.

[5] *Mon. Germ. Hist. Script.* XXXI (1903), p. 334.

[6] Ginzel a. a. O. III, S. 93.

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 12°$	$\lambda = 7.02°$	$\phi = 44.64°$	$\lambda = 7.05°$	$\phi = 42.22°$
15	9.09	44.84	9.08	42.41
18	11.17	44.97	11.12	42.57
21	13.27	45.06	13.18	42.67
24	15.37	45.11	15.25	42.73
27	17.49	45.10	17.34	42.73
30	19.64	45.04	19.45	42.67

12. Totale S. F. 1241 Oktober 6, $0^h\ 12.4^m$.

G. Celoria hat[1] zahlreiche historische Belege für diese Finsternis, die für die Prüfung der Mondtafeln ebenso wichtig ist wie Nr. 11, angegeben, und ich habe (G. II 730—732) diese Nachweise noch für England, Deutschland, Böhmen, Dänemark und Dalmatien vermehrt. Durch den folgenden Bericht wird die Beobachtung der Totalität bis nach Ägypten ausgedehnt.

Der Bericht ist in einem Werke enthalten, in welchem man Nachrichten über S. F. am allerwenigsten erwarten darf, nämlich in einem von Wüstenfeld herausgegebenen koptischen Heiligenkalender[2]. Derselbe enthält für jeden Tag der koptischen Monate den Namen des Heiligen, dessen Gedächtnistag kirchlich von der koptischen Gemeinde gefeiert wird, sowie seine Legende (Leben, Taten und Martyrium). Ganz unvermittelt erscheint am Gedächtnistage des heil. Liberius, am 9. d. Monats *Babeh*, folgende Notiz[3]:

»An demselben Tage im Jahre 958 der Märtyrer unter der Regierung des Malik el-Salih Ajjub und unter der Herrschaft des Patriarchen Cyrillus ereignete sich in der Welt etwas Seltenes und Wunderbares, was alle, die es sahen und davon hörten, in Staunen setzte, nämlich, daß die Sonne sich nach und nach verfinsterte, bis vollständige Dunkelheit wie bei Nacht eintrat; man konnte einige Sterne sehen; manche steckten die Lichter an, und die Leute fürchteten sich sehr, riefen Gott von ganzem Herzen um Hilfe an, baten um sein Erbarmen und suchten ihn durch Gelübde zum Mitleid zu bewegen. Da ward Gott ihnen gnädig, erbarmte sich ihrer

[1] *Sugli eclissi solari totali del 3. Giugno 1239 e del 6. Ottobre 1241* (*Pubblicazioni del Reale Osservat. di Brera in Milano*, Nr. XI 1876).

[2] F. Wüstenfeld, *Synaxarium, d. i. Heiligenkalender der koptischen Christen*, aus dem Arabischen übersetzt. Gotha 1879. 2 Teile.

[3] II. Teil, S. 62.

und machte ihrer Furcht ein Ende; die Finsternis hörte auf, nicht nach und nach, wie sie entstanden war, sondern mit einem Male, ... Die Dauer, während welcher die Sonne verfinstert war, betrug eine Stunde, und zwar von halb acht bis halb neun . . . . Dies geschah am 29. des Monats *Rebi I* im Jahre 639 *Hidschra*«. — Die in neuerer Zeit von R. Basset gegebene Übersetzung des Synaxariums[1] enthält dieselbe Stelle, dem Sinne nach konform, in französischer Sprache.

Die Umsetzung des Datums 9. *Babeh* 958 Aer. Diocl. gibt 1241, Oktober 6; hiermit stimmt auch das am Schlusse angesetzte arabische Datum 29. *Rebi I* 639 *H.* Der Sultan Malik el-Sâlih Nedschm el-Dîn Ejjub regierte[2] vom 12. Mai 1240 bis 27. November 1249. Die Regierungszeit des Patriarchen Kyrillos III. wird durch Makrizis *Geschichte der Kopten*[3] wie folgt bestimmt: Einsetzungstag Sonntag, 29. *Ramadân* 632 *H.*, Sterbetag Dienstag, 17. *Ramadân* 640 *H.* [= 17. Juni 1235 bis 10. März 1243]. Die in der obigen Stelle angeführten Zeitumstände passen also ganz zu der Finsternisdatierung.

Der Beobachtungsort könnte nach dem Platze bestimmt werden, von dem das Synaxarium stammt. Als Verfasser des letzteren werden genannt Amba Michael, Bischof von Atrib und Malidsch »und andere Väter«. Athribis (Atrib), eine ehemals bedeutende Stadt, lag im Nomos des Nildelta, östlich der Stelle, wo sich der pelusische und phatenetische Nilarm trennen. Die sonstigen koptischen Kirchengemeinden waren meist im Nildelta zerstreut. Wahrscheinlicher aber ist, daß die Handschrift, welche den Sonnenfinsternisbericht enthält, aus Kairo stammt. Der Bericht ist nämlich in das ursprüngliche Synaxarium interpoliert, offenbar unter dem örtlichen Eindrucke der Finsterniserscheinung, denn er fehlt bei Ludolf, *Commentarius ad historiam Aethiopicam* (Francofurte 1691 p. 389—436) und in der Handschrift Nr. 4869/70 der Pariser Nationalbibliothek. Die Interpolation konnte nur mit Zustimmung des Patriarchen vorgenommen werden,

---

[1] *Le Synaxaire arabe jacobite*, Texte arabe publié, traduit et annoté. (*Patrologia orientalis*, edit. R. Graffin et F. Nau, T. I, Paris 1907, p. 326 f.).

[2] L. De Mas-Latrie, *Trésor de chronologie*, Paris 1889, col. 1828.

[3] Übersetzung v. Wüstenfeld, Göttingen 1845, S. 70; ebenso A. v. Gutschmid, *Verzeichnis der Patriarchen v. Alexandrien* (*Kleine Schriften*, herausg. v. F. Rühl, II. Bd. 1890, S. 514).

vielleicht ist sie direkt von ihm veranlaßt worden. Die koptischen Patriarchen hatten aber seit 1077 (Christodulos) ihre Residenz in Misra, dem alten Kairo; dort sind nach Makrizi viele Patriarchen in der Kirche Al mo'allaca gewählt worden, viele sind auch in Kairo gestorben. Der Beobachtungsort der S. F. ist demnach Kairo oder Atrib, oder eine der Kirchengemeinden des Nildelta, jedenfalls ist die geographische Grenze der Beobachtung auf das Nildelta beschränkt[1].

Der bei der S. F. Nr. 11 erwähnte Archidiakon Thomas in Spalato hat auch die S. F. 1241 Oktober 6 dortselbst als total beobachtet: a. a. O. Eo autem tempore anno videlicet incarn. millesimo CCXLI, sexto die intrante octobri, die dominica, iterum factus est solis defectus, totusque aër obscuratus est; fuitque (h)orror magnus in omnibus, velud in ea eclipsi, que facta est tertio anno precedente, ut supra tetigimus[2]. — Die Wochentagangabe, Sonntag, stimmt.

Für Kairo trat die Maximalphase um etwa $3^h\ 8^m$ w. Zt. ein, d. h. nach koptischer Rechnung, Tagesstundenzählung von Sonnenaufgang ($18^h\ 15^m$), zwischen 8 und 9^h.

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 19°$	$\lambda = 15.28°$	$\phi = 46.37°$	$\lambda = 14.49°$	$\phi = 43.62°$
22	16.98	45.27	16.16	41.68
25	18.69	43.31	17.84	39.83
28	20.40	41.44	19.53	38.08
31	22.11	39.68	21.22	36.41
34	23.83	38.01	22.93	34.83
37	25.57	36.45	24.65	33.35
40	27.33	34.99	26.41	31.97
43	29.13	33.64	28.22	30.70
46	30.98	32.41	30.07	29.53
49	32.88	31.28	31.98	28.49
52	34.84	30.27	33.96	27.56
55	36.87	29.39	36.00	26.74
58	38.98	28.62	38.12	26.03

[1] Wie ich nachträglich bemerkte, ist auch A. C. D. Crommelin (*Journ. of the Brit. Astron. Assoc.* 17. Bd., p. 165) durch A. J. Butler auf die S. F. aufmerksam geworden, jedoch nur durch die oben erwähnte französische Übersetzung von Basset. Den Beobachtungsort konnte er nicht sicher nachweisen, da ihm die Kenntnis von Wüstenfelds Arbeiten fehlte, welche die Behelfe dazu darbieten.

[2] A. a. O. vol. III, 1894, S. 139; vgl. *Mon. Germ. Hist. Script.* XXIX, p. 585.

Die S. F. war auch, wie oben bemerkt, nach meinen früheren Quellenzitaten in Dänemark auffällig, wenn auch selbstverständlich nicht total. Ich füge hierüber noch zwei Zeugnisse aus der Diözese Lund und aus Jütland hinzu: 1241 .... et eclipsis solis eodem anno fuit (*Annales Lundenses*)[1]. — 1241. Eclipsis solis fuit 2. non. Oct. (*Annales Essenbecenses*)[2].

Die Lage der Zentralitätszone ist aus Karte IV und, soweit sie Spalato betrifft, aus Karte II ersichtlich (siehe vorstehende Tabelle).

13. Ringförmige S. F. 1263 August 5, $1^h 52.8^m$.

Die Zentralitätszone dieser Finsternis lief nordöstlich von Island, über Dänemark, Schweden, Polen, Österreich und ist von mir (G. II 734—736) mit englischen, deutschen, skandinavischen, polnischen, österreichischen und italienischen Quellen belegt. Auf Island war die S. F. nicht auffällig, konnte aber gut wahrgenommen werden. Ein Teil der isländischen Annalen gibt für 1262 und für 1263 Verfinsterung an, und es bleibt unsicher, ob nicht beide Notizen für die S. F. 1263 Aug. 5, gelten sollen:

Annales regii[3]: Zu 1262. Myrkr mikil sva at fal sol (= große Finsternis an der Sonne). 1263, eclipsis solis Non. Augusti [5. August]. — Die erstere Notiz ebenso in den Annalen *Flateyjarbok*[4]. — *Skalholts-Annaler*[5]: 1262, ok fylgði myrkr mikit sva at fal sol (= auch folgte große Finsternis an der Sonne). 1263, eclipsis solis Nonas augusti, luna XXVII. — *Lögmanns-annall*[6]: 1263, ecklipsis solis adr vm sumarit I Biorguin M°. augusti (= Sonnenfinsternis im Sommer [am Feste] Jungfr. Mariä [Maria ad nives? = 5. Aug.]).

Zu den skandinavischen Quellen setze ich noch das Zeugnis von Essenbek (dort die S. F. sehr auffällig) hinzu: 1263, eclipsis solis fuit pridie Non. Augusti. (*Annales Essenbecenses*[7]).

Die Zone der S. F. findet man auf Karte III.

---

[1] *Mon. Germ. Hist. Script.* XXIX, p. 208.
[2] Daselbst p. 226.
[3] Storm, *Islandske Annaler*, p. 134/35.
[4] III. Bd. (1868), p. 534.
[5] Storm, a. a. O., p. 193.
[6] Daselbst, p. 258.
[7] *Mon. Germ. Hist. Script.* XXIX, p. 227.

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$t = 30°$	$\lambda = 5.06°$	$\phi = 68.22°$	$\lambda = 3.60°$	$\phi = 63.89°$
33	7.06	66.55	5.53	62.26
36	8.99	64.80	7.40	60.54
39	10.85	62.97	9.20	58.75
42	12.63	61.05	10.95	56.91
45	14.37	59.08	12.68	55.02
48	16.07	57.05	14.36	53.07
51	17.72	54.98	15.99	51.07

14. Totale S. F. 1312 Juli 4, $20^h\ 18.9^m$.

Die Sichtbarkeit dieser S. F. war nur auf Island beschränkt, da die Zentralitätszone im hohen Norden verlief.

Skalholts-Annaler[1]: 1311 (r. 1312), eclipsis solis III. N°. julij, Luna XXVIII [= 5. Juli] quasi hora prima. — *Oddverja-Annall*[2]: 1312, Solar brestur j martio manudi, suo mikid myrkr j austfiordum ad menn sae ey vegu ai landi ne ai sio [= Sonne finster im März, so große Finsternis, daß die Leute weder zu Wasser noch zu Lande die Wege fanden]. — Auch die zweitgenannten Annalen stammen sicher aus Island. Da der März angegeben wird, so handelt es sich wahrscheinlich in der letzteren Quelle um eine meteorologische Verfinsterung, und nicht um die S. F. vom 5. Juli. Für Skalholt fiel die Max. Phase kurz vor 6^h morgens = hora prima.

Zentralitätszone auf Karte I.

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$t = 262°$	$\lambda = 334.66°$	$\phi = 61.29°$	$\lambda = 335.06°$	$\phi = 60.32°$
265	337.22	62.52	337.63	61.52
268	339.77	63.69	340.19	62.66
271	342.32	64.78	342.75	63.74
274	344.84	65.82	345.28	64.76
277	347.35	66.81	347.81	65.71
280	349.86	67.73	350.32	66.62
283	352.38	68.60	352.85	67.48

[1] Storm, a. a. O., p. 203.

[2] Daselbst, p. 488.

15. Totale S. F. 1330 Juli 16, $3^h 27.1^m$.

Die Zone lief über Island, südlich von Schweden, über Deutschland, Österreich, Ungarn und Byzanz. Ich habe dafür (G. II 744—746) Quellen aus Böhmen, Preußen, Italien, Dalmatien und Byzanz angeführt.

Von den folgenden isländischen Quellen für die S. F., die an allen Orten Südislands total war, sind einige authentisch, wie das Bruchstück aus den Skalholts-annaler, das im Kloster Mödruvellir geschrieben wurde, und Lögmanns-annall, welches von dem Diakon Einar Haflidason 1330 in Holar verfaßt ist.

Annales regii[1]: 1330, myrkr sva mikit um sumar at m̄ sa eigi at sla, en myrkt naer i husum mz ollu. (= Finsternis so groß im Sommer, daß die Leute die Heuernte nicht verrichten konnten, und in den Häusern beinahe vollständige Finsternis). — *Skalholts-Annaler*[2]: a. d. m° CCC° XXX° eclipsis solis XVII. Kl. augusti (= 16. Juli), hora nona, luna XXVII [r. 28]. — Bruchstück derselben Annalen[3]: 1330, vard eclifsis solis. — *Lögmanns-annall*[4]: 1330, vard ecclipsis solis vida vm Island. — *Gottskalks-Annaler*[5]: 1330, eclipsis solis XIV (r. 17.) kal. augusti luna XXVIII of halfa eykt, eclipsis lunae II nott jola XIIII natta [= 2. Nacht der 14 Julnächte].

Der Ausdruck halfa eykt[6] in der letztgenannten Quelle bedeutet etwa »halb drei« Uhr, und es ist nona (3^h) nahe identisch mit »eykt«. Damit stimmt die Zeit der Max. Phase für Skalholt, die nach 2^h, in der 8. Tagesstunde eintrat. — Die in Gottskalks Annalen genannte Mondfinsternis war am 26. Dezember und in Island überall sichtbar (total; 1. Jultag = 25. Dezbr.)[7].

Von der nachfolgenden Zentralitätszone erscheint nur der Teil für Island in Karte I; der zweite für Schweden fällt schon außerhalb des Bereichs der Karte III.

---

[1] Storm, a. a. O., p. 154.

[2] Daselbst, p. 206.

[3] Daselbst, p. 220.

[4] Daselbst, p. 268.

[5] Daselbst, p. 347.

[6] Siehe R. Cleasby, a. a. O., p. 135 unter »eykt«; im allgemeinen bezeichnet eykt eine Zeit von 3 Stunden; s. auch Geelmuyden im *Arkiv för Nordisk Filologi*, III. Bd., p. 126 f.

[7] Über jola-nott = Julnächte s. R. Cleasby, a. a. O., p. 326.

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$t = 22°$	$\lambda = 331.72°$	$\phi = 65.83°$	$\lambda = 331.55°$	$\phi = 65.03°$
25	334.08	65.33	333.90	64.53
28	336.44	64.80	336.24	63.99
31	338.78	64.23	338.56	63.40
34	341.09	63.60	340.86	62.77
37	343.39	62.93	343.15	62.10
40	345.69	62.21	345.42	61.38
61	1.42	55.88	1.12	55.11
64	3.66	54.80	3.38	54.05
67	5.91	53.68	5.63	52.95
70	8.17	52.51	7.91	51.81
73	10.48	51.32	10.21	50.65
76	12.80	50.10	12.54	49.46
79	15.14	48.85	14.91	48.24

16. Ringförmige S. F. 1337 März 2, $20^h\,40.5^m$.

In der Ausgabe von *Eustathii metropolitae Thessalonicensis opuscula, accedunt Trapezuntinae historiae scriptores Panaretus et Eugenicus* edit. Th. L. Fried. Tafel, Francof. ad. M. 1832 ist als Anhang, p. 362—370 die trapezuntische Chronik des Michael Panaretos (*περὶ τῶν τῆς Τραπεζοῦντος βασιλέων, τῶν μεγάλων Κομνηνῶν, ὅπωρ καὶ πότε καὶ πόσον ἕκαστος ἐβασίλευσεν*) beigegeben. Sie gibt die hauptsächlichsten Ereignisse an, die in dem 1204 von Alexios Komnenos gegründeten Kaisertum Trapezunt von 1204 bis 1426 vorfielen. Panaretos war aus Trapezunt, lebte dort in der ersten Hälfte des 15. Jahrh. und benutzt in seiner Chronik meist einheimische Nachrichten; er hatte das Amt eines Hofchronisten.

Unter der Aufzählung von Ereignissen, die sich, wie es scheint, alle auf die Regierung Basilios Komn. (Kaiser seit 1332) beziehen, findet sich folgende Stelle[1]:

Μηνὶ Μαρτίῳ, ἡμέρᾳ β', τῆς ἀρχμηστίμου τῆς ἁγίας Μαρίας. ἐγένετο ἔκλειψις τοῦ ἡλίου ἀπὸ ὥρας δ' ἕως ὥρας ζ'. καὶ ἐταράχθη τὸ κοινὸν κατὰ τοῦ βασιλέως. ὥστε καὶ ἔξωθεν τοῦ κουλὰ συναχθέντες, λίθους ἔσυραν εἰς αὐτόν. Nach J. Ph. Fallmerayer, der die Chronik ebenfalls herausgegeben und mit Erklärungen versehen hat[2], ist die obige Stelle etwa wie folgt zu verstehen: »Im Monat

[1] p. 363.

[2] *Originalfragmente, Chroniken, Inschriften u. anderes Material zur Geschichte d. Kaisertums Trapezunt*, 2. Abteilung, *Abhandlungen d. Kgl. Bayrischen Akad. d. Wiss.* Historische Klasse, 4. Bd. (1844—1846), S. 17 f. und 46. — Auf diese S. F. hat mich Herr Prof. F. Boll (Heidelberg) aufmerksam gemacht.

März am 2. Tage der großen heil. 40tägigen Fasten entstand eine Sonnenfinsternis von der 4. bis 7. Stunde, und es geriet die Menge in Aufruhr gegen den Kaiser, so daß sie sogar außerhalb des Kastells sich zusammenrottete und Steine gegen ihn schleppte.« — Das Jahr, in welchem die S. F. für Trapezunt eingetreten sein soll (denn nur von einem trapezuntischen Ereignisse kann die Rede sein), ergibt sich aus 2 mit Datierungen versehenen Stellen, von denen die eine dem obigen Finsternisberichte vorangeht, und die andere auf ihn folgt. Die unmittelbar vorhergehende Notiz lautet: κατὰ δὲ νὸν ετοῦ Ἰουλίου μενός ἡμέρα ϛ', ἔτους, ϛωμδ' [6844 Byz. Är. = 1336 n. Chr. 6. Juli]. — Die nach dem Finsternisbericht stehende heißt: ἔτους, ϛωμε' μηνὸς Ὀκτωβρίου [Tag ε?] ἰνδικτίωνος ζ' [6845 Byz. Är. = 1336 n. Chr. 5. Oktober; die Indiktion sollte V sein]. Die weiterhin folgenden Notizen sprechen schon von den Jahren 1338 u. f. Demnach kann es sich nur um eine S. F. im Jahre 1336 oder 1337 handeln. Ostern fiel 1336 auf den 31. März, 1337 auf den 20. April. Die griechischen Osterfasten beginnen mit dem Montag nach Fleischsonntag (d. i. 8. Sonntag vor Ostern)[1]. Danach war der im Text angegebene 2. Tag der Fasten im Jahre 1336 der 6. Februar, im Jahre 1337 der 25. Februar. Damit stimmt die Angabe des Chronisten »Monat März« nicht überein. Oppolzers Kanon zeigt, daß für Trapezunt in den beiden Jahren nur die S. F. 1337 März 3, in Betracht kommen kann. Dieser 3. März ist ein Montag. Es ist also der 2. Wochentag gemeint und die Zeitangabe der zitierten Stelle so zu verstehen: »Im Monat März an einem Montag (oder 2. Wochentage) in der Fastenzeit.«

Das Maximum der S. F. 1337 März 2, finde ich für Trapezunt 10.9 Zoll, um $23^h\ 32^m$ w. Zt., entsprechend etwa der 5. bis 6. Tagesstunde, übereinstimmend mit dem Chronisten (zwischen der 4. bis 7. Stunde).

Der byzantinische Historiograph Nikephoros Gregoras (geb. 1295, gest. um 1359) schreibt in seiner »Römischen Geschichte«, welche die Zeit von 1204 bis 1359 umfaßt, bei der Erwähnung der unter dem Kaiser Andronikos III. (dem Jüngeren) stattgefundenen Kämpfe mit den Türken[2]: eam cladem solis et lunae defectus, intra dies sedecim esse consecuti, portenderunt; ac lunaris quidem contigit, cum sol in prima Piscium parte esset; solaris, cum in decimaquinta versaretur.

[1] Siehe Ginzel a. a. O., III. Bd., S. 313.

[2] *Lib. XI c. 3,* nach der lateinischen Version der Pariser Ausgabe 1702.

Die Sonne trat 1337 (Andronikos regierte bis 1341) am 10. Februar in das Zeichen der Fische; die Mondfinsternis trat ein am 15. Februar $13^h\ 1^m$ Byz. Zt., Größe 4.5 Zoll, sie war in Byzanz sichtbar. Auch die 16 Tage später folgende S. F. von Trapezunt konnte zu Byzanz noch bemerkt werden, da sie dort 9.3 Zoll betrug. Nikephoros Gregoras, der in Byzanz lebte und dort schrieb (er galt als großer Gelehrter und erfuhr unter den Kaisern wechselnde Gunst), hat wahrscheinlich, da er sich für Astronomie interessierte, beide Finsternisse selbst bemerkt.

Die Zentralitätszone der S. F. verläuft wie folgt (Karte IV):

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 336°$	$\lambda = 31.97°$	$\phi = 28.61°$	$\lambda = 32.61°$	$\phi = 26.42°$
339	33.40	30.35	34.02	28.12
342	34.83	32.13	35.44	29.87
345	36.29	33.93	36.88	31.65
348	37.78	35.74	38.34	33.44
351	39.31	37.57	39.84	35.24
354	40.88	39.40	41.37	37.04
357	42.50	41.23	42.93	38.85

17. Ringförmig-totale S. F. 1339 Juli 7, $1^h\ 36.4^m$.

Diese für Schottland und Deutschland auffällig gewesene S. F. (s. G. II 747/48) war für Island höchst bedeutend, wie aus den folgenden Quellen hervorgeht:

Skalholts-Annaler[1]. 1339. Eclipsis solis No. julii hora sexta, luna XXVIII. Sa stiornu a himni vm middegis skeid (= man sah Sterne [oder den Stern] am Himmel zur Mittagszeit). — *Lögmanns-annall*[2]. 1339 .... vard eclipsis solis vm allt Island [= ganz Island] nesta dagh fyrir Selia manna voku [d. h. Seljumanna messa 8. Juli[3]]. — *Gottskalks-Annaler*[4]. 1339 ... eclipsis solis in festo Thome [gemeint ist das Datum der Translation Episc. Thomas v. Cantuarien, 7. Juli[5]] luna XXVIII, sa leingi a himne vm hadeigi

[1] Storm a. a. O., p. 208.

[2] Daselbst p. 272.

[3] Siehe Grotefend, *Zeitr. d. Deutsch. Mittelalt.*, I. Bd. Glossar, S. 175, II. Bd. Heiligenverzeichnis, S. 166.

[4] Storm a. a. O., p. 351.

[5] Siehe Grotefend a. a. O., II. Bd. Heiligenverz., p. 176.

dags. Þann sama dag syndis ollum monnum j Steinum sudr undir Eyia fiollum allt þat alblodvgt, er fyrir augu bar uti. Þar til er menn foru at sofa. Þessi syn likt bar fyrir sira Suein þordar son og Magnus Steinmods son þann sama aptan a Kolbeinsstodum j Flissuhuerfi. syndis þeim og blodugt allt j husinu er þeir satu j |= Finsternis so lange (oder man sah sie lange) am hohen Tage. Denselben Tag kam den Leuten in Steinar alles südlich unter den Eyafelsen blutig vor, was ihnen im Freien vor die Augen kam. Auch zeigte sich Ähnliches dem S. Thordar und M. Steinmod denselben Abend zu Kolbeinsstad in Flissuherf; diesen schien alles blutig im Hause, wo sie sich aufhielten]. — *Flatöbogens Annaler*[1]. 1339, eclipsis solis in translatione Thome archiepiscopi, saazst stiorna a himni vm hadegis skeid (ebenso die Annalen des *Flateyjarbok*)[2]. — *Annales regii*[3]. 1339. Ecclypsis solis.

Die Datierung Non. Julii (= 7. Juli) luna XXVIII, hora sexta (um Mittag) der Skalholt-Annalen ist richtig. Wie man aus Karte I ersieht, lag Reykjiavik in der schmalen Zentralitätszone, Skalholt nahe daran. Für letzteren Ort finde ich die Max.-Phase über 11.8 Zoll, um $0^h\ 2^m$ w. Zt. Die Möglichkeit, daß bei dieser Phase irgendein heller Stern hervortreten konnte, ist nicht ganz ausgeschlossen; die Lage der Zone kann aber vielleicht noch eine kleine Korrektion erfordern.

Nördl. Grenze			Südl. Grenze	
$t = 352°$	$\lambda = 333.73°$	$\phi = 64.89°$	$\lambda = 333.73°$	$\phi = 64.82°$
355	336.11	64.51	336.11	64.43
358	338.47	64.08	338.47	64.01
1	340.81	63.62	340.79	63.53
4	343.12	63.10	343.10	63.00
7	345.41	62.53	345.39	62.43
10	347.68	61.92	347.65	61.81

18. Totale S. F. 1361 Mai 4, $20^h\ 48.9^m$.

In der unter Nr. 16 zitierten Chronik des Trapezuntiers Panaretos (c. 29) findet sich zum Jahre 6869 Byz. Ä. (1361) folgende Stelle[4]:

[1] Storm a. a. O., p. 400.
[2] III. Bd., p. 558.
[3] Storm a. a. O., p. 155.
[4] Fr. Tafel a. a. O., p. 366; Fallmerayer, S. 28 u. 57.

Μηνὶ Μαΐῳ ε', ἡμέρᾳ β', ἰνδικτίωνος ιδ' [Byz. Ind. XIV], τοῦ ϛωξϑ' [6869] ἔτους, ἐγένετο ἔκλειψις τοῦ ἡλίου, οἵα οὐκ ἐγένετο ἐν τῇ καϑ' ἡμᾶς γενεᾷ ὥστε ἐφάνησαν καὶ ἀστέρες ἐν τῷ οὐρανῷ καὶ ἐκράτησεν ὥρας α' ρ'' (?)

[= Montags, am 5. Mai, Indiktion XIV, im Jahre 6869 [1361] war eine Sonnenfinsternis, dergleichen seit Menschengedenken nicht gewesen ist; es erschienen Sterne am Himmel, und sie dauerte eine Stunde und (?) Minuten.] — Der Chronist fügt noch hinzu: »Der Kaiser Alexios und seine Mutter Irene und einige aus den Archonten und ich befanden uns zufällig im Kloster Sumelas unweit von Matzuka, wir beteten viel und riefen die Panagia an.«

Die S. F. fiel auf den Vormittag des 5. Mai 1361. Für Trapezunt trat die Max.-Phase, über 11.8 Zoll, um $23^h\ 34^m$ w. Zt. ein (5. bis 6. Tagesstunde). Das berühmte Panagiakloster auf dem Berge Sumelas, wo Panaretos die Totalität sah, liegt etwas östlich von Matzuka, nahe im Meridian von Trapezunt, etwa 18′ südlich von letzterer Stadt. Dort ist nach meinen empirischen Korrektionen die Phase so gut wie total.

Eine wenig vertrauenswürdige Quelle meldet zum Leben der Päpste, daß vor dem Tode Innocenz' VI. (1362) eine bedeutende Sonnenfinsternis sich ereignet habe (s. G. III 558). Eine solche ist um jene Zeit für Italien und Byzanz unmöglich. Die obige S. F. des Panaretos erreichte für Rom nur 8.2 Zoll, kaum die Grenze jener, bei welcher S. F. im allgemeinen anfangen für das bloße Auge wahrnehmbar zu werden (9 Zoll). In Byzanz konnte die S. F. 10.3 Zoll betragen. — Zentralitätszone s. Karte IV:

	Nördl. Grenze		Südl. Grenze	
$t = 333°$	$\lambda = 26.64°$	$\phi = 36.41°$	$\lambda = 27.04°$	$\phi = 34.25°$
336	28.55	37.18	28.93	35.03
339	30.46	37.91	30.81	35.76
342	32.38	38.59	32.69	36.45
345	34.29	39.24	34.59	37.09
348	36.21	39.84	36.48	37.69
351	38.14	40.40	38.39	38.25
354	40.08	40.90	40.30	38.77
357	42.04	41.35	42.21	39.24

II.

Ich komme nun noch zur Beantwortung der Frage: Welche von den historischen S. F., die bisher zur Prüfung der Mondtafeln verwendet worden sind oder die noch keine solche Verwendung gefunden haben, sind wirklich brauchbar für den genannten Zweck? Offenbar nur jene, welche nicht nur der Zeit ihrer Ereignung nach feststehen, sondern bei denen auch der Beobachtungsort des überlieferten Berichtes durch die Beschaffenheit der Geschichtsquelle gesichert ist. In dieser Beziehung kann man nicht sehen, daß verschiedene Autoren kritisch vorgegangen sind. In meinem »Speziellen Kanon« habe ich vor der Benutzung gewisser antiker S. F. gewarnt und durch ausführliche Darlegung der in Betracht kommenden historischen Bedingungen gezeigt, welche von den alten und den bis 600 n. Chr. überlieferten S. F. zu dem genannten Zwecke herangezogen werden können; für die späteren F. bis 1400 enthält die 2. Abhdlg. meiner »Astron. Unters. üb. F.« die nötigen Behelfe. Jedoch sind bis in die neueste Zeit antike S. F. zur Ableitung der verbesserten Mondbahnelemente benutzt worden, die wertlos sind. Namentlich scheint den in England über historische F. schreibenden Autoren (zumeist in den *Month. Not.*, *Observatory, Journ. of the Brit. Astron. Assoc.*) mein »Spez. Kanon« unbekannt geblieben zu sein. Der einzige Astronom, welcher in der Hinsicht auf die alten S. F. sich kritisch verhalten hat, war S. Newcomb. Er sagt an einer Stelle[1], daß von allen antiken historischen S. F. nur die von —477 Februar 16 (Sardes) Wert habe, da bei ihr der Beobachtungsort angegeben sei, und daß neben dieser — mit Vorbehalt des Beobachtungsortes — event. noch jene des Agathokles (—309 August 14) in Betracht komme. Mit diesen Worten hat Newcomb die Wahrheit gut getroffen. Er ist sich aber selbst untreu geworden, da er verschiedentlich und zwar auch noch in seiner letzten, die früheren Arbeiten zusammenfassenden Publikation[2], welche nach seinem Tode 1912 vom Washingtoner Nautical Almanac herausgegeben wurde, antike S. F. von zweifelhaftem Werte verwendete. Anderseits hat er F.,

[1] *Month. Notices* 66. Bd., p. 34.

[2] *Researches on the motion of the Moon,* part II: *the mean motion of the Moon and other astr. elements derived from observ. of eclipses and occultat. extending from the period of the Babylonians until a. D. 1908* [*Astronomical papers* prep. f. the use of the Americ. Ephem. and Naut. Almanac, vol. IX, part 1, Washingt. 1912].

die nach Zeit und Beobachtungsort völlig gesichert sind, ganz beiseite gelassen, was insbesondere in Beziehung auf mittelalterliche S. F. sehr befremdlich ist. Man muß wohl annehmen, daß Newcomb in Hinsicht auf die S. F. des Mittelalters den Resultaten zu wenig Beachtung beigemessen hat, welche die Geschichtsforschung aus der Hilfswissenschaft zieht, die bei uns »kritische Erforschung der mittelalterlichen Geschichtsquellen« genannt wird. Eben dieser Erforschungszweig sichert die Herkunft der Quellen, entdeckt ihre Überarbeitungen, usw. Die Geschichtsforschung kann daher in vielen Fällen (wenn auch nicht in allen) auch den Beobachtungsort der F. feststellen; die Zeit (Jahr und Tag) ist ohnehin bei den allermeisten mittelalterlichen F. von den Annalisten notiert.

Deshalb möchte ich noch jene S. F. angeben, die nach meiner Ansicht für die Prüfung der Mondtafeln verwendbar und welche nicht verwendbar sind und will in Kürze die Gründe dafür beisetzen. Das als brauchbar sich erweisende Material an den Ergebnissen von Newcomb, P. H. Cowell u. a. zu prüfen, ist nicht meine Sache, denn diese Arbeit würde weit über den Rahmen dieser Abhandlung hinausgehen. Die Arbeit sollte aber, wenn sie gemacht wird, darin bestehen, daß aus den Elementen jener Mondtheorien die jeweiligen Zentralitätszonen der historischen S. F. berechnet werden, woraus ersichtlich sein wird, inwieweit diese ihrer Lage nach den historisch sichergestellten Beobachtungsorten genügen. — In den nachfolgenden Auseinandersetzungen sind für den Zweck der Rückbeziehungen als Abkürzungen eingeführt: Sp. K. (Ginzel, Spez. Kanon), G. II. (Ginzel, Astron. Unters. üb. F.), G. IV (die vorliegende Abhdlg.), e. K. (nach meinen empirischen Korrektionen).

a. Die antiken historischen S. F.

1. — 1062 Juli 30 (Babylon). L. W. King[1] hat nach einer babylonischen Inschrift folgenden Text angegeben: »On the 26th day of the month Sivan in the seventh year, the day was turned into night and fire in the midst of heaven.« Cowell[2] tritt dafür ein, daß hier die Beschreibung einer totalen S. F. vorliegt, welche auf — 1062 Juli 30, falle; E. Nevill[3]

[1] *Chronicles concerning early Babylonian Kings* [II. Bd. der *Studies in Eastern History*], London 1907, vol. I p. 232—240, Text vol. II p. 76.

[2] *Month. Not.* 65 Bd., p. 861.

[3] Daselbst 67 Bd., p. 15.

setzt die F. auf —1116 Juni 27. Allein abgesehen von der Schwierigkeit, die S. F. dem Jahre nach richtig identifizieren zu können[1], bleibt es Illusion, über die Stellung des Schaltmonats im Jahre und sogar über das Vorhandensein einer regelmäßigen Schaltungsweise bei den Babyloniern des 11. Jahrh. v. Chr. Annahmen und Voraussetzungen zu machen, wie es Nevill tut. Vor dem 7. Jahrh. v. Chr. gab es bei den Babyloniern wahrscheinlich überhaupt noch keine regelmäßige Schaltung[2], und selbst für die spätere Zeit noch ist die Zahl der uns bis jetzt inschriftlich bekannten Schaltjahre zu gering, als daß wir uns von einem Schaltzyklus die richtige Vorstellung machen könnten. — Die S. F. ist unbrauchbar.

2. —762 Juni 14 (Ninive). Das Eponymenjahr des *PUR. AN-sa-gal-e* unter welchem die S. F. vorfiel, ist wohl nach den Bemerkungen im Sp. K. 243 jetzt gesichert, 763 v. Chr. Zweifel kann man (dem Texte des Berichtes nach) der Totalität und dem Beobachtungsort entgegenstellen. Da aber in eine Regierungschronik nur eine lokal beobachtete, sehr bedeutende S. F. aufgenommen werden konnte, so ist die in Ninive beobachtete Phase als sehr auffällig vorauszusetzen. Meine e. K. geben für Ninive 11.6 Zoll. — Die Brauchbarkeit der F. ist nicht ganz abzuweisen. Newcomb berücksichtigt sie und die im folgenden aufgeführten S. F. Nr. 3, 6, 8, 9 und 11.

3. —647 April 5 (Archilochos). Diese F. ist unbrauchbar, da der Beobachtungsort (Paros oder Thasos) zweifelhaft ist, und da noch eine zweite S. F. —660 Juni 27, in Konkurrenz kommt, welche ebenfalls in die Lebenszeit des Archilochos (680—640)[3] fällt. — Sp. K. 167—169.

4. Die S. F. —584 Mai 28 (Thales) und —556 Mai 19 (Larissa) sind beide der historischen Zweifel wegen unbrauchbar. — Sp. K. 173/74.

5. —477 Februar 16 (Sardes). Diese F. ist sehr bedenklich; meine e. K. geben für Sardes nur 11.3 Zoll, dazu war die S. F. nur ringförmig. — Sp. K. 175.

6. —430 August 3 (Athen). Thukydides II 28. Mit geringerem Gewichte verwendbar. — Sp. K. 176/7.

[1] Die Ansätze der Historiker für die Zeit der beiden in Betracht kommenden Könige gehen noch um 130 Jahre auseinander.

[2] Vgl. Ginzel, *Handb. d. m. u. t. Chronol.* II, 498.

[3] Siehe Crusius, Artikel »Archilochos«, *Paulys Realenzykl. d. klass. Altert. Wiss.* 3. Halbband, col. 487—507.

7. — 399 Juni 21 (Ennius). Unbrauchbar. — Sp. K. 180—182.

8. — 309 August 14 (Agathokles). Die F. ist, dem Berichte von Diodor XX 5.5 entsprechend, richtig identifiziert. Zweifelhaft ist der Ort, wo sich der nach Karthago segelnde Agathokles befand, als die S. F. eintrat. Nach meinem e. K. liegt die Zentralitätszone (Sp. K. 186) für eine nördliche oder eine südliche Umschiffung Siziliens gleich günstig. — Daß die F. einen Zusammenhang mit einer von Kleomedes angegebenen, im Hellespont totalen, zu Alexandria partiell beobachteten S. F. haben sollte (Celoria), ist ganz unwahrscheinlich. Kleomedes gehörte dem 1. oder 2. Jahrh. n. Chr. an und ist in seinen Schriften meist von Poseidonios abhängig, welcher im 1. Jahrh. v. Chr. (135—51) lebte. (Vermutlich handelt es sich bei Kleomedes um die folgende S. F. Nr. 9.)

9. — 128 November 20. F. Hultsch[1] hat auf eine Stelle im Kommentar des Pappos von Alexandrien zum 5. Buche der Syntax des Ptolemaios aufmerksam gemacht, die fast unverändert in die Überarbeitung des Kommentars durch Theon gekommen ist. (Pappos lebte wahrscheinlich zur Zeit Diocletians.) Dort heißt es hinsichtlich der Untersuchungen Hipparchs über die Entfernung der Sonne: »Denn im 1. Buche über die Größen und Abstände verzeichnet er folgende Erscheinung. In der Gegend des Hellespont ist genau eine totale S. F. eingetreten, während in Alexandria in Ägypten nur nahezu 4 Fünftel des Diameters verfinstert wurden.« Nach dem Wortlaute dieses Textes ist nicht sicher, daß Hipparch die S. F. selbst beobachtet hat. Vom Leben des Hipparch wissen wir nur wenig; seine astronomische Tätigkeit liegt zwischen 161—126 v. Chr. Das meiste hat er auf Rhodus beobachtet, indessen scheint der dortige Aufenthalt mehrfach unterbrochen worden zu sein; Rehm[2] neigt zu der Annahme, daß Alexandria der eigentliche Wohnort Hipparchs war. Fotheringham[3] glaubt das Datum der F. — 128 November 20 stützen zu können. — Wegen der obwaltenden Unsicherheit bleibt die Verwendung der S. F. für die Prüfung der Mondtafeln sehr bedenklich.

---

[1] *Hipparchos über die Größe und Entfernung der Sonne* (*Ber. d. philol.-histor. Kl. der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipz.* 1900), S. 195—199.

[2] Artikel Hipparch in *Paulys Realenzykl. d. klass. Alt. Wiss.* Neue Bearb. 16. Halbband, 1913, col. 1666.

[3] *Month. Not.* 69. Bd., p. 204 f.

10. + 71 März 19 (Plutarch). Diese in der Schrift *de facie in orbe lunae* erwähnte S. F. ist sehr brauchbar für unsern Zweck. Aus Plutarchs Lebensumständen ist sicher bekannt, daß er die Schrift in seinem jüngeren Alter schrieb und sich damals lehrend zu Delphi oder Chäronea aufhielt. Meine e. K. geben nahe 12 Zoll Phase für letztere Orte. Die Totalitätszone ist sehr schmal und deshalb zur Prüfung sehr geeignet. — Sp. K. 202—204.

11. + 197 Juni 2 (Tertullian). Wegen der Unsicherheit in der Auslegung des Textes und auch des Beobachtungsortes unbrauchbar. — Sp. K. 206.

12. + 418 Juli 18 (Byzanz). Fraglich, ob verwendbar. — Sp. K. 217/18.

b. **Die mittelalterlichen S. F.**

Nur die brauchbaren sind aufgeführt.

1. 483 Januar 13. Totalität von Marinus, dem Schüler des Philosophen Proklus zu Athen beobachtet. — F. sehr brauchbar. — Sp. K. 222.

2. 590 Oktober 3. Beim Ausmarsch des Kaisers Mauricius aus Byzanz total, vom Bischof Gregor in Tours partiell beobachtet. — Sp. K. 227.

3. 693 Oktober 4. Total in Bagdad (nach Huwarazmi) und Byzanz (nach Theophanes). — G. II 658, G. IV Nr. 1.

4. 733 August 13. Total in Südengland (Anglo-Saxon-Chronicle). — G. II 660.

5. 840 Mai 5. Totalität zu Lyon, Metz, Südbayern, Como, Bergamo. — G. II 663—669.

6. 878 Oktober 29. Totalität zu St-Amand, Fulda, Erfurt, Engelhaus, Südisland (?) — G. II 669—673.

7. 891 August 7. Byzanz (?). — G. II 673 f.

8. 939 Juli 18. Monte Cassino. — G. II 675 f.

9. 968 Dezember 21. Byzanz (Leo Diaconus Augenzeuge)[1], Korfu (Erzbischof Liudprand Augenzeuge), Kalabrien, Fleury, total. — G. II 677 f.

10. 1033 Juni 28. Total zu Cluny, Fleury, Bèze, Ani (Armenien); für Limoges partiell beschrieben. — G. II 682—687, G. IV Nr. 3.

11. 1113 März 18. Größe der Partialität von Fulcher in Jerusalem beschrieben. — G. IV Nr. 4.

---

[1] Diese Quelle gibt den frühesten Bericht der Beobachtung der Korona mit freiem Auge während einer totalen Sonnenfinsternis.

12. 1133 August 2. Totalität zur Durham, Insel Man, Floreffe, Lüttich, Fosse, Egmunda, Erfurt, Corvei, Hildesheim, Köln, Aachen, Würzburg, Disibodenberg, Heilsbronn, Reichersberg, Freising, Hirsau, Admont, Straßburg (?); in Prag partiell, desgleichen in Armenien. — G. II 697—706, G IV Nr. 6.

13. 1147 Oktober 25. Total zu Lüttich, Brauweiler; partiell in Magdeburg, Braunschweig und Dorylaeum (Augenzeuge). — G. II 710—713, G. IV Nr. 7.

14. 1187 September 3. Total zu Lund, Fünnen (?), für Askalon und Erzerum partiell. — G. II 719—722, G. IV. Nr. 8.

15. 1191 Juni 22. Northumberland total, Freiburg i. Br., Anchin partiell. — G. II 723—727.

16. 1239 Juni 2. Total zu Monpellieri, Mirabeau, Digne, Alessandria, Piacenza, Parma, Reggio (Augenzeuge), Modena, Florenz, Siena, Arezzo, Ravenna, Cesena, Verona, Lucca (Augenzeuge), Genua (Augenzeuge), Spalato (Augenzeuge), Bologna (?). — Celoria, G. IV Nr. 11.

17. 1241 Oktober 6. Total zu Stade, Erfurt, Ensdorf, Ellwangen, Altaich, Reichersberg, Scheftlarn, Salzburg, Admont, Weihenstephan, Augsburg, Neresheim; zu Lambach, Verden, Altenzelle, Osterhofen, Wien (?) vielleicht total oder doch sehr auffällig; ferner in Spalato (Augenzeuge) und im Nildelta (einschließlich Alexandria) total. — Celoria, G. II 730—732, G. IV Nr. 12.

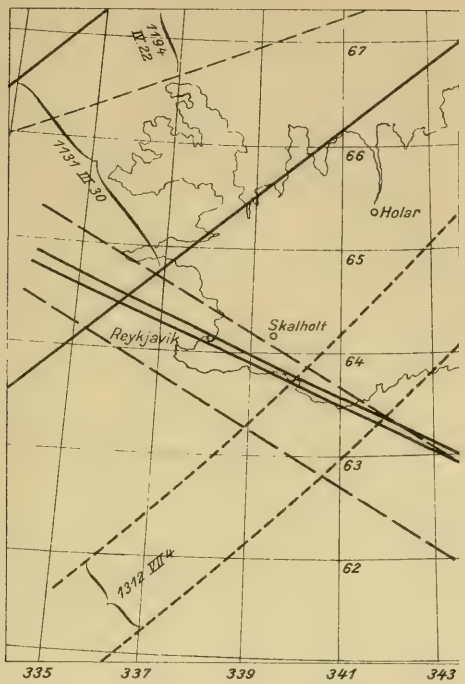
18. 1267 Mai 24. Total in Konstantinopel. — G. II 737.

19. 1330 Juli 16. Total in Thrazien (Konstantinopel?), Böhmen (Prag?); für Florenz, Bologna, Spalato partiell beschrieben; Südisland. — G. II 744—746, G. IV Nr. 15.

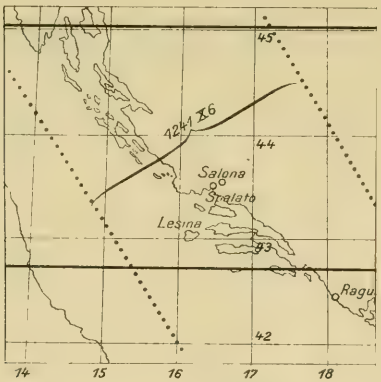
20. 1339 Juli 7. Zu Reykjiavik und Skalholt total. — G. II 747, G. IV Nr. 17.

21. 1361 Mai 4. Totalität bei Trapezunt, im Panagiakloster (Augenzeuge). — G. IV Nr. 18.

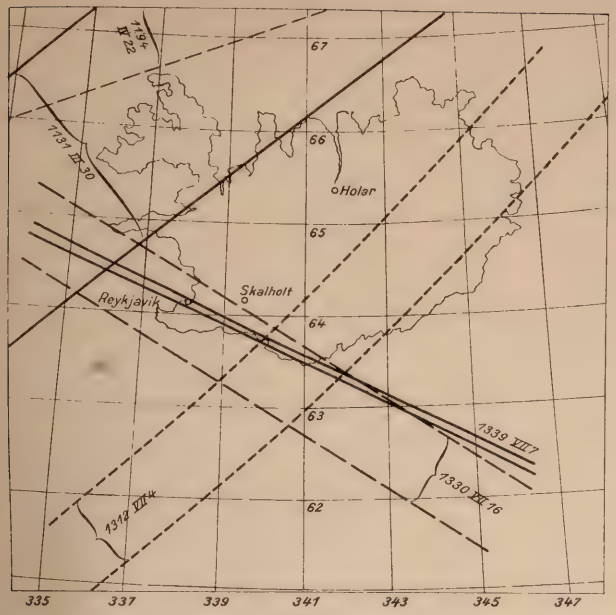
Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



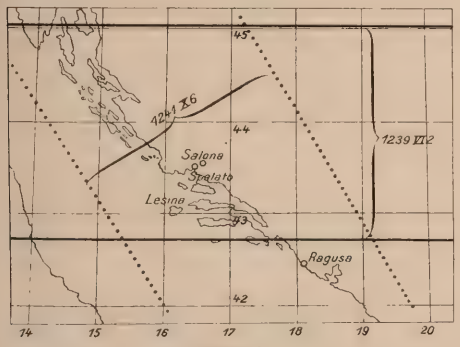
Karte I.



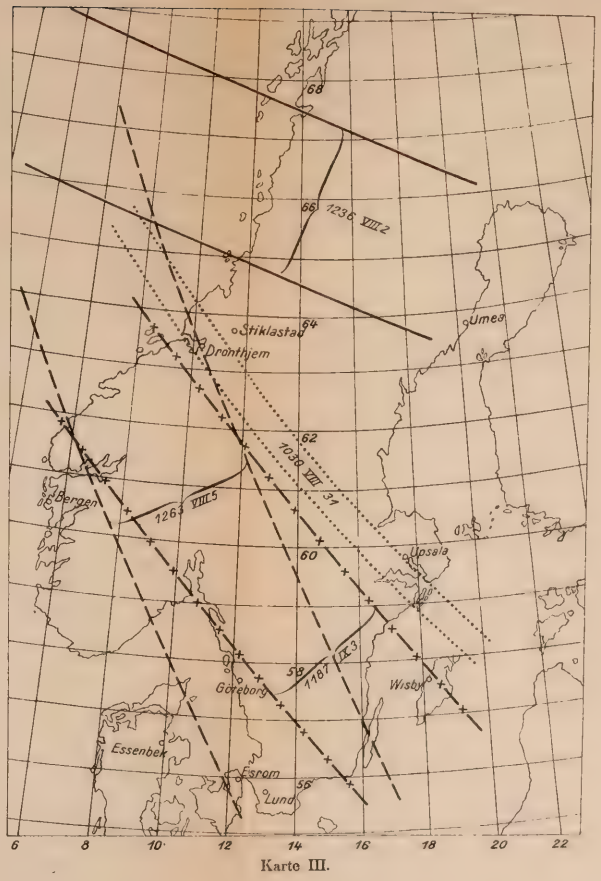
Karte II.



Karte I.



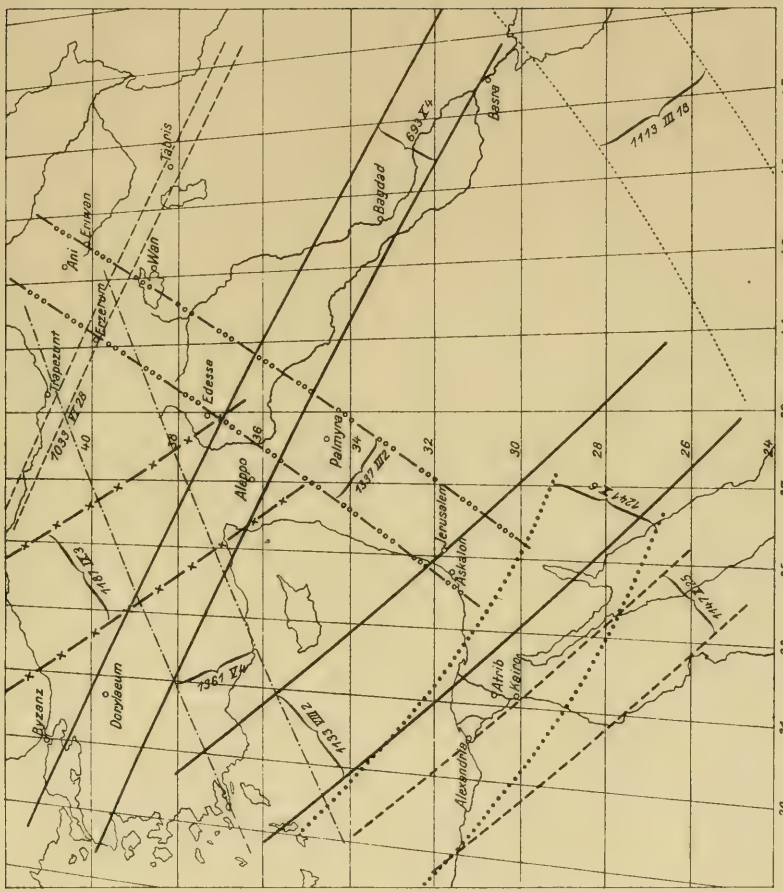
Karte II.



Karte III.

F. K. Ginzel: Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse.

Taf. I.



Karte IV.

F. K. Ginzel: Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse.

Taf. II.

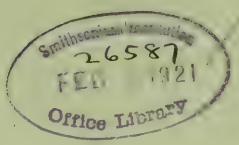
ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1919

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE



BERLIN 1919

VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI DER
VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER WALTER DE GRUYTER U. CO.
VORMALS G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG. J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG.
GEORG REIMER. KARL J. TRÜBNER. VEIT U. COMP.

ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1919

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

Smithsonian Institution
26587
FEB 8 1921
Office Library

ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1919

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

Smithsonian Institution
FEB 8 1921
Office Library

BERLIN 1919

VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI DER
VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER WALTER DE GRUYTER U. CO.
VORMALS G. J. GOSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG. J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG
GEORG REIMER. KARL J. TRÜBNER. VEIT U. COMP.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

Inhalt

Öffentliche Sitzungen . . . . . S. VII—VIII

Verzeichnis der im Jahre 1919 gelesenen Abhandlungen . . . . . S. IX—XIV

Bericht über den Erfolg der Preisausschreibung für 1920 und über eine neue Preisausschreibung . . . . . S. XV—XVII

Statut der Paul-Rieß-Stiftung . . . . . S. XVII—XIX

Verzeichnis der im Jahre 1919 erfolgten besonderen Geldbewilligungen aus akademischen Mitteln zur Ausführung wissenschaftlicher Unternehmungen . . . . . S. XIX—XXI

Verzeichnis der im Jahre 1919 erschienenen im Auftrage oder mit Unterstützung der Akademie bearbeiteten oder herausgegebenen Werke S. XXI—XXII

Veränderungen im Personalstande der Akademie im Laufe des Jahres 1919 S. XXIII—XXIV

Verzeichnis der Mitglieder der Akademie am Schlusse des Jahres 1919 nebst den Verzeichnissen der Inhaber der Bradley-, der Helmholtz- und der Leibniz-Medaille und der Beamten der Akademie, sowie der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw. . . . . S. XXV—XXXVII

Haberlandt: Gedächtnisrede auf Simon Schwendener . . . . . Ged. Red. S. 1—12

JAHR 1919.

Öffentliche Sitzungen.

Sitzung am 23. Januar zur Feier des Jahrestages König Friedrichs II.

Der an diesem Tage vorsitzende Sekretar Hr. Roethe eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache. Darauf erstattete Hr. Erman einen eingehenderen Bericht über das akademische Unternehmen des Wörterbuchs der ägyptischen Sprache und Hr. von Waldeyer-Hartz über die Anthropoidenstation auf Teneriffa. Es folgte der wissenschaftliche Festvortrag von Hrn. Rubner: Der Aufbau der deutschen Volkskraft und die Wissenschaften. Weiter machte der Vorsitzende Mitteilung von den seit dem Friedrichs-Tage 1918 in der Akademie eingetretenen Personalveränderungen, gab einen kurzen Jahresbericht und verkündigte zum Schlusse, daß die Akademie die Helmholtz-Medaille dem ordentlichen Professor an der Universität München, Wirkl. Geh. Rat von Röntgen verliehen habe.

Sitzung am 3. Juli zur Feier des Leibnizischen Jahrestages.

Hr. Planck, als vorsitzender Sekretar, eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache.

Darauf hielten die seit dem letzten Leibniz-Tage (4. Juli 1918) neu eingetretenen Mitglieder ihre Antrittsreden, die von den beständigen Sekretaren beantwortet wurden, nämlich die HH. Fick, Erwiderung von Hrn. von Waldeyer-Hartz — G. Müller, Erwiderung von Hrn. Planck — Heider und Kükenthal, Erwiderung von Hrn. von Waldeyer-Hartz — Erh. Schmidt und Carathéodory, Erwiderung von Hrn. Planck. Daran schloß sich die Gedächtnisrede auf Simon Schwendener von Hrn. Haberlandt.

Sodann wurden Mitteilungen gemacht über die Preiserteilung für die Akademische Preisaufgabe für das von Miloszewskysche Legat, über den Preis der Graf-Loubat-Stiftung für 1921 aus dem Gebiete der Amerikanistik.

über die Stiftung zur Förderung der Sinologie, über die Stiftung zur Förderung der kirchen- und religionsgeschichtlichen Studien und über das Stipendium der Eduard-Gerhard-Stiftung.

Schließlich wurde verkündigt, daß die Akademie die Leibniz-Medaille in Silber den HH. E. Debes in Leipzig, C. Dorn in Davos, Johannes Kirchner in Berlin-Wilmersdorf, Edmund von Lippmann in Halle a. S., Frhrn. von Schrötter in Berlin-Wilmersdorf und Otto Wolff in Berlin und die Leibniz-Medaille in Gold dem Gouverneur von Deutsch-Ostafrika, Hrn. Dr. Heinrich Schnee, verliehen habe.

Verzeichnis der im Jahre 1919 gelesenen Abhandlungen.

Physik und Chemie.

Landé, Dr. A., Elektronenbahnen im Polyederverband. Vorgelegt von Planck. (GS. 9. Jan.; *SB.* 30. Jan.)

Nernst, Einige Folgerungen aus der sogenannten Entartungstheorie der Gase. (GS. 13. Febr.; *SB.*)

Liebisch und Rubens, über die optischen Eigenschaften einiger Kristalle im langwelligen ultraroten Spektrum. 1. Mitteilung. (Kl. 20. März; *SB.*)

Einstein, über die Frage: Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle? (GS. 10. April; *SB.*)

Beckmann, über Signalvorrichtungen, welche gestatten, in unauffälliger Weise Nachrichten optisch zu übermitteln. (Kl. 8. Mai.)

Beckmann, Sicherungen der Atmungsorgane gegenüber schädlichen Beimischungen in der Luft. (Kl. 8. Mai.)

Einstein, über eine Veranschaulichung der Verhältnisse im sphärischen Raum. (GS. 15. Mai.)

Einstein, über die Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie vom Standpunkte des kosmologischen Problems und des Problems der Konstitution der Materie. (GS. 15. Mai.)

Haber, Beitrag zur Kenntnis der Metalle. (Kl. 22. Mai; *SB.* 19. Juni.)

Planck, über die Dissoziationswärme des Wasserstoffs nach dem Bohr-Debyeschen Modell. (GS. 30. Okt.; *SB.* 27. Nov.)

Born, Prof. Dr. M., und Stein, Dr. O., über die Oberflächenenergie der Kristalle und ihren Einfluß auf die Kristallgestalt. Vorgelegt von Einstein. (GS. 13. Nov.; *SB.* 27. Nov.).

Grommer, Dr. Jacob, Beitrag zum Energiesatz in der allgemeinen Relativitätstheorie. Vorgelegt von Einstein. (GS. 13. Nov.; *SB.*)

Warburg, über den Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen. IX. (Kl. 20. Nov.; *SB.* 4. Dez.)

Liebisch und Rubens, über die optischen Eigenschaften einiger Kristalle im langwelligen ultraroten Spektrum. 2. Mitteilung. (GS. 27. Nov.; *SB.*)

Haber, zweiter Beitrag zur Kenntnis der Metalle. (GS. 27. Nov.; *SB.* 11. Dez.)

Mineralogie und Geologie.

Liebisch, über die Dispersion doppeltbrechender Kristalle im ultraroten Spektralgebiete. (Kl. 3. April.)

Botanik und Zoologie.

Haberlandt, zur Physiologie der Zellteilung. Dritte Mitteilung: Über Zellteilungen nach Plasmolyse. (GS. 10. April; *SB.*)

Correns, über Vererbungsversuche mit buntblättrigen Sippen. I. Capsella Bursa pastoris chlorina und albovariabilis. (Kl. 19. Juni; *SB.* 10. Juli.)

Heider, über die morphologische Ableitung des Echinodermenstammes. (GS. 26. Juni.)

Haberlandt, Zur Physiologie der Zellteilung. Vierte Mitteilung: Über Zellteilungen in Elodea-Blättern. (Kl. 24. Juli; *SB.* 31. Juli.)

Correns, Vererbungsversuche mit buntblättrigen Sippen. II. Vier neue Typen bunter Periklinalchimären. (Kl. 23. Okt.; *SB.* 6. Nov.)

Haberlandt, über Zellteilung nach Plasmolyse. (Kl. 6. Nov.)

Anatomie und Physiologie, Pathologie.

Orth, über die ursächliche Begutachtung von Unfallfolgen. (Kl. 20. Febr.)

Orth, über Traumen und Nierenerkrankungen. (Kl. 6. März; *SB.* 20. März.)

Fick, über die Entwicklung der Gelenkform. (GS. 31. Juli.)

Astronomie, Geographie und Geophysik.

Struve, über die Masse der Ringe von Saturn. (Kl. 6. Febr.)

Penck, über die Gipfelflur der Alpen. (GS. 13. März; *SB.* 27. März.)

Schweydar, Prof. Dr., zur Erklärung der Bewegung der Rotationspole der Erde. Vorgelegt von Struve. (Kl. 3. April; *SB.* 10. April.)

Hellmann, über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. (Dritte Abteilung.) (Kl. 24. April; *SB.*)

Hellmann, neue Untersuchungen über Regenverhältnisse von Deutschland. (Erste Mitteilung.) (Kl. 24. April; *SB.*)

Einstein, Bemerkung über periodische Schwankungen der Mondlänge, welche bisher nach der Newtonschen Mechanik nicht erklärbar schienen. (Kl. 24. April; *SB.*)

G. Müller, über die Klassifizierung der Fixsternspektren, über ihre Verteilung am Himmel und über den Zusammenhang zwischen Spektraltypus, Farbe, Eigenbewegung und Helligkeit der Sterne. (Kl. 24. Juli.)

von Brunn, Prof. Dr. A., zu Hrn. Einsteins Bemerkung über die unregelmäßigen Schwankungen der Mondlänge von der genäherten Periode des Umlaufs der Mondknoten. Vorgelegt von Struve. (Kl. 24. Juli; *SB.*)

Einstein, Bemerkung zu vorstehender Notiz. (Kl. 24. Juli; *SB.*)

Struve, über die Bestimmung der Massen von Jupiter und Saturn. (Kl. 18. Dez.)

Mathematik.

Schottky, über Grenzfälle von Klassenfunktionen, die zu ebenen Gebieten mit kreisförmigen Rändern gehören. (Kl. 16. Jan.)

Carathéodory, über den Wiederkehrsatz von Poincaré. (Kl. 10. Juli; *SB.*)

Schottky, Thetafunktionen vom Geschlechte 4. (GS. 11. Dez.)

Mechanik.

Müller-Breslau, über Versuche zur Erforschung der elastischen Eigenschaften der Flugzeugholme. (Kl. 4. Dez.)

Philosophie.

Erdmann, über Berkeleys Philosophie im Lichte seines wissenschaftlichen Tagebuchs. (Kl. 19. Juni: *Abh.*)

Prähistorie.

Schuchhardt, über germanische und slawische Ausgrabungen. (Kl. 6. Nov.)

Geschichte des Altertums.

Schäfer, Prof. Dr. Heinrich, über die Anfänge der Reformation Amenophis' IV. Vorgelegt von Erman. (Kl. 8. Mai; *SB.* 15. Mai.)

Norden, der Rheinübergang der Kimbern und die Geschichte eines keltischen Kastells in der Schweiz. (GS. 5. Juni.)

Hiller von Gaertringen, voreuklidische Steine. Vorgelegt von von Wilamowitz-Moellendorff. (Kl. 10. Juli; *SB.* 24. Juli.)

E. Meyer, die Gemeinde des neuen Bundes im Lande Damaskus, eine jüdische Schrift aus der Seleukidenzeit. (Kl. 24. Juli; *Abh.*)

von Wilamowitz-Moellendorff, das Bündnis zwischen Sparta und Athen 421 (Thukydides V.). (Kl. 4. Dez.; *SB.*)

Mittlere und neuere Geschichte.

Schäfer, über neue Karten zur Verteilung des deutschen und polnischen Volkstums an unserer Ostgrenze. (Kl. 16. Jan.)

Tangl, Bonifatiusfragen. (Kl. 3. April; *Abh.*)

Bresslau, aus der ersten Zeit des großen abendländischen Schismas. (GS. 5. Juni; *Abh.*)

Meinecke, über die Lehre von den Interessen der Staaten, die neben und unabhängig von der allgemeinen Staatslehre im 17. und 18. Jahrhundert geblüht hat und als Vorstufe moderner Geschichtsauffassung von Bedeutung ist. (GS. 13. Nov.)

Kehr, das Erzbistum Magdeburg und die erste Organisation der christlichen Kirche in Polen. (Kl. 20. Nov.; *Abh.*)

Tangl, über die Deliberatio Innocenz' III. (Kl. 18. Dez.; *SB.*)

Kirchengeschichte.

Holl, zur Auslegung des 2. Artikels des sog. apostolischen Symbols. (GS. 9. Jan.; *SB.*)

E. Meyer, über das Marcusevangelium und seine Quellen. (GS. 30. Jan.)

Sachau, zur Ausbreitung des Christentums in Asien. (GS. 30. Jan.; *Abh.*)

von Harnack, zur Abhandlung des Hrn. Holl: »Zur Auslegung des 2. Artikels des sog. apostolischen Glaubensbekenntnisses«. (Kl. 9. Febr.; *SB.*)

Lietzmann, Prof. D. Hans, die Urform des apostolischen Glaubensbekenntnisses. Vorgelegt von Holl. (GS. 13. März; *SB.* 27. März.)

Sachau, über syrische und arabische Literatur, welche sich auf die Klöster des christlichen Orients bezieht. (Kl. 22. Mai; *Abh.*)

K. Müller, kritische Beiträge I. und II. (GS. 5. Juni; *SB.* 17. Juli.)

von Harnack, über I. Korinth. 14, 32 ff. und Röm. 16, 25 ff. nach der ältesten Überlieferung und der Marcionitischen Bibel. (Kl. 19. Juni; *SB.* 26. Juni.)

Holl, über die Entwicklung von Luthers sittlichen Anschauungen. (Kl. 23. Okt.)

Rechts- und Staatswissenschaft.

Seckel, die Haftung des Sachschuldners mit der geschuldeten Sache (praecise teneri) im römischen Recht und nach der Lehre der mittelalterlichen Legisten. (Kl. 8. Mai.)

Stutz, die Cistercienser wider Gratians Dekret. (Kl. 10. Juli.)

Sering, über die Preisrevolution seit dem Ausbruch des Krieges. (GS. 17. Juli; *Abh.*)

Heymann, über die Geschichte des Mäklerrechts. (Kl. 4. Dez.)

Allgemeine, deutsche und andere neuere Philologie.

K. Meyer, ein mittelirisches Lobgedicht auf die Ui Echach von Ulster. (Kl. 16. Jan.; *SB.* 30. Jan.)

Urtel, Prof. Dr. H., zur baskischen Onomatopoesis. Vorgelegt von W. Schulze. (Kl. 16. Jan.; *SB.* 6. März.)

W. Schulze, Tag und Nacht in den indogermanischen Sprachen. (Kl. 6. Febr.)

Brandl, über die Vorgeschichte der Schicksalsschwestern in Macbeth. (Kl. 20. Febr.)

Heusler, über altnordische Dichtung und Prosa von Jung Sigurd. (Kl. 6. März; *SB.* 20. März.)

K. Meyer, über Cormacs Glossar nach der Handschrift des Buches der Ui Maine. (Kl. 20. März; *SB.* 3. April.)

Lewy, Dr. Ernst, einige Wohllautsregeln des Tscheremissischen. Vorgelegt von W. Schulze. (Kl. 3. April; *SB.* 8. Mai.)

Rogge, Dr. Helmuth, die Urschrift von Adalbert von Chamissos Peter Schlemihl. Vorgelegt von Roethe. (GS. 10. April; *SB.* 30. April.)

K. Meyer, zur keltischen Wortkunde IX, über einige keltische Orts- und Völkernamen. (Kl. 24. April; *SB.*)

Jacobsohn, Prof. Dr. H., das Namensystem bei den Osttscheremissen. Vorgelegt von W. Schulze. (Kl. 8. Mai; *SB.* 15. Mai.)

K. Meyer, über den irischen Totengott und die Toteninsel. (Kl. 19. Juni; *SB.* 26. Juni.)

K. Meyer, Sammlung von Bruchstücken der älteren Lyrik Irlands mit Übersetzung. 1. Teil. (Kl. 10. Juli.; *Abh.*)

Schuchardt, Hugo, Sprachursprung I. (GS. 17. Juli; *SB.* 31. Juli.)

Schuchardt, Hugo, Sprachursprung II. (GS. 30. Okt.; *SB.* 13. Nov.)

Klassische Philologie.

Degering, Prof. Dr. H., über ein Bruchstück einer Plautushandschrift des 4. Jahrhunderts. Erster Teil: Beschreibung der Hs. Vorgelegt von Norden. (Kl. 8. Mai; *SB.* 15. Mai.)

Degering, Prof. Dr. H., über ein Bruchstück einer Plautushandschrift des 4. Jahrhunderts. Zweiter Teil: Überlieferungsgeschichtliches. Vorgelegt von Norden. (GS. 15. Mai; *SB.* 5. Juni.)

Diels und Dr. E. Schramm, Exzerpte aus Philons Mechanik Buch VII und VIII, griechisch und deutsch. (Kl. 23. Okt.; *Abh.*)

Kunstwissenschaft und Archäologie.

Schuchhardt, über skythische und germanische Tierornamentik. (GS. 30. April.)

Goldschmidt, mittelbyzantinische Plastik. (Kl. 24. Juli.)

Orientalische Philologie.

F. W. K. Müller, über koreanische Lieder. (GS. 27. Febr.)

Jensen, Prof. Dr. P., indische Zahlwörter in keilschrifthittitischen Texten. Vorgelegt von W. Schulze. (Kl. 6. März; *SB.* 10. April.)

Lüders, über Aśvaghoṣas Kalpanāmaṇḍinikā. (GS. 27. März.)

Bang-Kaup, vom Köktürkischen zum Osmanischen. 2. und 3. Mitteilung. (GS. 27. März; *Abh.*)

Erman, über die Mahnworte eines ägyptischen Propheten. (Kl. 3. April; *SB.* 30. Okt.)

von Le Coq, Prof. Dr. A., türkische Manichaica aus Chotscho II. Vorgelegt von F. W. K. Müller. (GS. 30. April; *Abh.*)

De Groot, über die Pagoden in China, die vornehmsten Heiligtümer der Mahajana-Kirche. (Kl. 22. Mai; *Abh.*)

Jensen, Prof. Dr. P., Erschließung der aramäischen Inschriften von Assur und Hatra. Vorgelegt von Eduard Meyer. (Kl. 6. Nov.; *SB.* 12. Dez.)

Forrer, Dr. Emil, die acht Sprachen der Boghazköi-Inschriften. Vorgelegt von Eduard Meyer. (Kl. 4. Dez.; *SB.* 18. Dez.)

Amerikanistik.

Seler, über szenische Darstellungen auf alten amerikanischen Mosaiken. (Kl. 20. März.)

Bericht über den Erfolg der Preisausschreibungen für 1920 und neue Preisausschreibungen.

Preisaufgaben aus dem von Miloszewskyschen Legat.

Die 1915 aus dem von Miloszewskyschen Legat zum zweiten Male, damals mit dreijähriger Frist gestellte Preisaufgabe »Geschichte des theoretischen Kausalproblems seit Descartes und Hobbes« hat 2 Bearbeitungen gefunden.

Die eine, ungemein umfangreiche, auch »die vorhergehenden Kausaltheorien« umfassende Arbeit mit dem Motto: »Οὐδὲν γίγνεται ἐκ τοῦ μὴ ὄντος« verdient Anerkennung des für sie aufgewandten Fleißes. Leider aber ist es ihrem Verfasser so wenig wie dem Bearbeiter des Problems vom Jahre 1915 gelungen, dem philosophischen Gehalt der Aufgabe gerecht zu werden. Er begnügt sich mit einer zum Teil aus veralteten sekundären Quellen geschöpften, an Zitaten überreichen, kaum irgendwo um das Problem konzentrierten, vielfach weit abschweifenden Darstellung. Nur da, wo physikalisch-mathematische Kausalfragen in Betracht kommen, bekundet sich ein selbständigeres, hin und wieder auch über Landläufiges hinausgehendes Wissen und Urteil. In die Idee des theoretischen Kausalproblems, die Arten ihrer Entfaltung und die Richtung ihrer Entwicklung einzudringen, ist dem Verfasser nicht gelungen: am wenigsten da, wo sich seine Darstellung der Problementwicklung seit Kant nähert und diese zu verfolgen sucht. Es fehlt dem Verfasser an der philosophischen Vorbildung, welche allein die geforderte Untersuchung erfolgreich machen konnte. Die Akademie ist deshalb nicht in der Lage, dem Verfasser einen Preis zuzuerkennen.

Einen wesentlich anderen Charakter zeigt die zweite Preisarbeit mit dem Motto: »Οὐδὲν χρῆμα μάτην γίνεται, ἀλλὰ πάντα ἐκ λόγου τε καὶ ὑπ' ἀνάγκης.« Was immer der Verfasser aus dem Gebiet der neueren Philosophie in den Bereich seiner spezielleren Untersuchung zieht, ist aus den ersten Quellen geschöpft, um die theoretischen Kausalprobleme konzentriert, selbständig durchdacht und in lichtvoller Darstellung wiedergegeben. Deutlich scheiden sich, abgesehen von der Einleitung über die Vorgeschichte des Problems, zwei Teile der Arbeit voneinander: die Entwicklung der Kausalprobleme von Descartes bis Kant, und von Kant bis Sigwart. Mehrfache Korrekturen erfordert die Einleitung. Vortrefflich aber ist die historische Entwick-

lung in der ersten Phase zu einem historischen Ganzen abgerundet, so daß kleinere Lücken, das Fehlen einer Skizze der Problemlage um den Anfang des 17. Jahrhunderts, speziell der kausalen Naturauffassung von Galilei und Kepler, ferner von Crusius' Kritik des Leibnizischen Satzes vom Grunde sowie von Reids Begründung der Common sense-Lehre und ihrer Kritik durch Priestley, ebensowenig ernstlich stören wie kleinere, leicht ausmerzbare Einzelverfehlungen. Weniger gelungen ist die Darstellung der zweiten Entwicklungsphase. Auch wenn zugestanden wird, daß uns zur unbefangenen historischen Würdigung der Problementwicklung im 19. Jahrhundert noch die rechte historische Distanz fehlt, hätte der Verfasser zu einem volleren historischen Verständnis gelangen können, wenn er die metaphysisch fundierte Rückbildung der Probleme in der spekulativen Philosophie von Fichte bis Hegel ähnlich eindringend behandelt hätte, wie die Fortbildung bei Schopenhauer und Herbart, Comte, St. Mill, Fechner und Lotze; und die Umbildungen durch Fries und Apelt sowie späterhin durch Herbert Spencer nicht beiseite gelassen hätte. Dennoch bleibt so viel des Gelungenen, Eindringenden und Weiterführenden, daß dem Verfasser der volle Preis in der Voraussetzung zuerkannt werden kann, er werde die erwähnten Mängel vor der Drucklegung in sorgsamer Darstellung beseitigen.

Die Eröffnung des Umschlags mit dem Motto: »Οὐδὲν χρῆμα μάθην γίνεται, ἀλλὰ πάντα ἐκ λόγου τε καὶ ὑπ' ἀνάγκης« ergab als Verfasser: Frau Else Wentscher, Bonn a. Rh.

Preis der Graf-Loubat-Stiftung.

Nach dem Statute der von dem Grafen (später Herzog) Joseph Florimond de Loubat bei der Preußischen Akademie der Wissenschaften begründeten Preisstiftung soll alle fünf Jahre durch die Akademie ein Preis von 3000 Mark an diejenige gedruckte Schrift aus dem Gebiete der amerikanistischen Studien erteilt werden, die unter den der Akademie eingesandten oder ihr anderweitig bekannt gewordenen als die beste sich erweist.

Die amerikanistischen Studien werden zum Zwecke dieser Preisbewerbung in zwei Gruppen geteilt: die erste umfaßt die präkolumbische Altertumskunde von ganz Amerika; die zweite begreift die Geschichte von ganz Amerika, insbesondere dessen Kolonisation und die neuere Geschichte bis zur Gegenwart. Die Bewerbung um den Preis und seine Zuerkennung beschränkt sich jedesmal, und zwar abwechselnd, auf die eine dieser beiden

Gruppen und Schriften, die innerhalb der letzten zehn Jahre erschienen sind. Als Schriftsprache ist die deutsche und die holländische zugelassen.

Die letzte Preiserteilung fand im Jahre 1916 statt und betraf eine Schrift über Volks- und Altertumskunde eines bestimmten Gebietes im nordwestlichen Mexiko. Die nächste Preiserteilung muß demnach im Jahre 1921 erfolgen, und zugelassen sind gedruckte Schriften über koloniale und neuere Geschichte von Amerika bis zur Gegenwart. Die Bewerbungsschriften müssen bis zum 1. März 1921 der Akademie eingereicht sein.

Paul-Rieß-Stiftung.

Statut vom 2. Oktober 1919.

Der am 18. Februar 1903 zu Berlin verstorbene Amtsgerichtsrat a. D. Dr. Paul Rieß hat der Akademie durch letztwillige Verfügung ein Kapital von 250000 Mark vermacht zur Verwendung im Interesse der Chemie, Physik und Astronomie. Durch Allerhöchsten Erlaß vom 30. Januar 1905 ist der Akademie die landesherrliche Genehmigung zur Annahme dieser Zuwendung, vorbehaltlich der Abfindung von hilfsbedürftigen Verwandten des Erblassers, erteilt worden, und das Legat ist dann in dem durch diese Abfindungen auf 240000 Mark ermäßigten Betrage in ihren Besitz übergegangen. In Wirksamkeit getreten ist die Stiftung jedoch erst seit dem am 1. April 1918 erfolgten Tode des Hrn. Paul Jüdel, welcher durch eine Bestimmung des Rießschen Testamentes als lebenslänglicher Nutznießer der Hinterlassenschaft eingesetzt worden war. Für die Verwaltung der Stiftung und die Verwendung ihrer Erträgnisse hat die Akademie mit Genehmigung des vorgeordneten Ministeriums nachstehendes Statut festgestellt.

§ 1.

Die Stiftung, welche den Namen Paul-Rieß-Stiftung führt, ist nach dem Wortlaut des Testamentes dazu bestimmt, die chemischen, physikalischen und astronomischen Wissenschaften zu fördern. Diesen Zweck wird die Akademie zu verwirklichen suchen sowohl durch Unterstützung geplanter

aussichtsreicher wissenschaftlicher Unternehmungen als auch durch Krönung vorliegender ausgezeichneter Leistungen auf dem Gebiete der drei genannten Wissenschaften. Die Zuerteilung erfolgt jedes Jahr am Leibniztage der Akademie, für eine einzige oder auch für mehrere wissenschaftliche Arbeiten, in der Regel jährlich abwechselnd aus den Gebieten der Chemie, Physik und Astronomie.

§ 2.

Das Kapitalvermögen der Stiftung, welches unangreifbar ist, wird gebildet aus dem Stammkapital und etwa künftig eingehenden Beiträgen. Es wird wie die übrigen Gelder der Akademie aufbewahrt und verwaltet.

§ 3.

Die Akademie der Wissenschaften führt durch ihre physikalisch-mathematische Klasse die Oberaufsicht über die Stiftung und die Verwaltung des Stiftungsvermögens. Die Klasse hat daher auch die Entlastung zu erteilen, soweit dies nicht durch die Oberrechnungskammer geschieht.

§ 4.

Die Stiftung selbst wird verwaltet durch ein viergliedriges Kuratorium, in welches die physikalisch-mathematische Klasse aus den Fächern der Chemie, Physik und Astronomie je einen Vertreter wählt. Außerdem gehört dem Kuratorium als Vorsitzender derjenige der beiden Klassensekretare an, welcher den genannten Fächern am nächsten steht. Die Wahlen gelten auf die Dauer von 6 Jahren, sie erfolgen vor dem Schlusse eines Kalenderjahres, zum ersten Male im Dezember 1919. Wenn ein Mitglied des Kuratoriums vor Ablauf der Wahlperiode ausscheidet, so ist für die noch übrige Dauer derselben ein neues Mitglied zu wählen.

§ 5.

Anfang Mai jedes Jahres teilt die physikalisch-mathematische Klasse dem Vorsitzenden des Kuratoriums mit, welche Summe am Leibniztage desselben Jahres verfügbar sein wird. Dieser fordert sodann dasjenige Mitglied des Kuratoriums, für dessen Fach in diesem Jahre die Stiftung in erster Linie bestimmt ist, und zwar nach der in § 1 namhaft gemachten Reihenfolge, zu einem schriftlichen Vorschlag auf. Auch jedes andere Mit-

glied des Kuratoriums ist zu einem Vorschlag berechtigt. Über alle vorliegenden Vorschläge wird dann in einer Sitzung des Kuratoriums oder auch auf schriftlichem Wege abgestimmt. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden. Das Ergebnis der Abstimmung ist von der Klasse zu bestätigen.

§ 6.

Falls in einem Jahre die verfügbaren Mittel der Stiftung nicht vollständig oder überhaupt nicht für ihre satzungsgemäße Bestimmung in Anspruch genommen werden, so fließt die verfügbare Summe in einen besonderen Reservefonds, welcher dem Zwecke dienen soll, in irgendeinem darauffolgenden Jahre eine Bewilligung zu ermöglichen, welche die für das betreffende Jahr aus den Erträgnissen des Stiftungskapitals verfügbare Summe überschreitet. Die Bestände des Reservefonds werden zinstragend angelegt und durch die erzielten Zinsen fortlaufend verstärkt. Sobald der Reservefonds die Höhe von 20000 Mark erreicht hat, werden alle weiteren Erübrigungen sogleich und endgültig dem Stiftungskapital zugeführt.

§ 7.

Änderungen dieses Statuts sind nur durch absolute Majorität aller ordentlichen Mitglieder der Akademie und mit Genehmigung des vorgeordneten Ministeriums zulässig.

Verzeichnis der im Jahre 1919 erfolgten besonderen Geldbewilligungen aus akademischen Mitteln zur Ausführung wissenschaftlicher Unternehmungen.

Es wurden im Laufe des Jahres 1919 bewilligt:

2500 Mark den Mitgliedern der Akademie HH. Rubens und Liebisch zur Herstellung von Platten zur Untersuchung von Kristallen im langwelligen Spektrum.

4000 » zur Fortführung des Unternehmens »Das Tierreich«.

3000 » zur Fortführung der Arbeiten am Nomenclator animalium generum et subgenerum.

2300	Mark	dem Mitglied der Akademie Hrn. Engler zur Fortführung des Werkes »Das Pflanzenreich«.
6000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Hintze zur Fortführung der Herausgabe der Politischen Korrespondenz Friedrichs des Großen.
20000	»	der Orientalischen Kommission zur Fortführung ihrer Arbeiten.
4000	»	der Deutschen Kommission zur Fortführung ihrer Arbeiten.
1000	»	für die Bearbeitung des Thesaurus linguae Latinae (über den planmäßigen Beitrag von 5000 Mark hinaus).
5000	»	für das Wörterbuch der ägyptischen Sprache.
1500	»	zur Bearbeitung der hieroglyphischen Inschriften der griechisch-römischen Epoche für das Wörterbuch der ägyptischen Sprache.
6000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Struve als außerordentliche Zuwendung für die »Geschichte des Fixsternhimmels«.
5000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Engler zur Fortführung des Werkes »Das Pflanzenreich«.
2000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Heider zur Fortführung des Unternehmens »Das Tierreich«.
6000	»	der akademischen Kommission zur Herausgabe der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften.
1000	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Erdmann für die Kant-Kommission.
200	»	dem Mitglied der Akademie Hrn. Burdach für die Bearbeitung des Briefwechsels Lachmann—Brüder Grimm durch Prof. Leizmann (Jena).
3000	»	der Kommission für die deutschen Geschichtsquellen des 19. Jahrhunderts.
333	»	der Sächsischen Akademie (Gesellschaft) der Wissenschaften in Leipzig für die Teneriffa-Expedition.
367	»	derselben für desgleichen.
1200	»	derselben zur Fortsetzung des Poggendorffschen Handwörterbuchs.
1200	»	Hrn. Dr. Ernst Knoche in Halle a. S. zu Untersuchungen über die Biologie der Nonnen.
1500	»	als Nachbewilligung für die photographische Aufnahme französischer Handschriften in Valenciennes.

5000 Mark dem Verlag des Jahrbuchs für die Fortschritte der Mathematik als Zuschuß zu den Kosten der Herausgabe des Jahrgangs 1919.

800 » Hrn. Prof. Dr. Hermann von Guttenberg in Berlin-Dahlem für Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes auf die Blattstellung der Pflanzen.

5000 » Hrn. Prof. Dr. Bodenstein in Hannover zu Arbeiten über photochemische Vorgänge.

1200 » Hrn. Dr. Walter in Gießen für Arbeiten über Vererbung.

10000 » der Deutschen physikalischen Gesellschaft als einmaligen Zuschuß für die physikalische Berichterstattung.

800 » Hrn. Prof. Dr. August Fischer in Leipzig als zweite Rate des Zuschusses für sein arabisches Wörterbuch.

Verzeichnis der im Jahre 1919 erschienenen im Auftrage oder mit Unterstützung der Akademie bearbeiteten oder herausgegebenen Werke.

Unternehmungen der Akademie und ihrer Stiftungen.

Das Pflanzenreich. Regni vegetabilis conspectus. Im Auftrage der Preuss. Akademie der Wissenschaften hrsg. von A. Engler. Heft 68. 69. Leipzig 1919. 2 Ex.

Corpus inscriptionum Latinarum consilio et auctoritate Academiae Litterarum Borussicae editum. Vols. 1, Pars 2, Fasc. 1. ed. 2. Berolini 1918.

Wilhelm von Humboldts Gesammelte Schriften. Hrsg. von der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Bd 15. Berlin 1918.

Ibn Saad. Biographien Muhammeds, seiner Gefährten und der späteren Träger des Islams bis zum Jahre 230 der Flucht. Im Auftrage der Preussischen Akademie der Wissenschaften hrsg. von Eduard Sachau. Bd 7, Th. 2. Leiden 1918.

Deutsche Texte des Mittelalters hrsg. von der Preußischen Akademie der Wissenschaften. Bd 30. Paradisus anime intelligentis. Berlin 1919.

Bopp-Stiftung.

Navahāra- und Nisiha-Sutta. Hrsg. von Walther Schubring. Leipzig 1918. (Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes. Bd 15.) 2 Ex.

Dr.-Karl-Güttler-Stiftung.

Kolsen, Adolf. Dichtungen der Trobadors. 3. Heft. Halle (Saale) 1919.

Kolsen, Adolf. Zwei provenzalische Sirventese nebst einer Anzahl Einzelstrophen. Halle 1919.

Savigny-Stiftung.

Kantorowicz, Hermann und Fritz Schulz. Thomas Diplovatatius. De claris iuris consultis. Bd 1. Berlin und Leipzig 1919. (Romanistische Beiträge zur Rechtsgeschichte. Heft 3.)

Hermann-und-Elise-geb.-Heckmann-Wentzel-Stiftung.

Texte und Untersuchungen zur Geschichte der altchristlichen Literatur. Archiv für die von der Kirchenväter-Commission der Preussischen Akademie der Wissenschaften unternommene Ausgabe der älteren christlichen Schriftsteller. Reihe 3. Bd 12, Heft 3. 4. Bd 13. Leipzig 1918. 19.

Beiträge zur Flora von Papuasien. Hrsg. von C. Lauterbach. Serie 6. Leipzig 1918. 2 Ex.

Von der Akademie unterstützte Werke.

Bokorny, Th. Bindung des Formaldehyds durch Enzyme. Berlin 1919. Sonderabdr.

Lange, Rudolf. Thesaurus Japonicus. Japanisch-Deutsches Wörterbuch. Bd 2. Berlin und Leipzig 1919.

Schiemann, Theodor. Geschichte Russlands unter Kaiser Nikolaus I. Bd 4. Berlin 1919.

Schmidt, Adolf. Archiv des Erdmagnetismus. Heft 3. Potsdam 1918.

Schwenke, Paul. Die Buchbinder mit dem Lautenspieler und dem Knoten. 1919. Sonderabdr.

Schwenke, Paul. Altberliner Bücher und Einbände. 1918. Sonderabdr.

Veränderungen im Personalstande der Akademie im Laufe des Jahres 1919.

Es wurden gewählt:

zum ordentlichen Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Konstantin Carathéodory, bestätigt durch Erlaß der preußischen Regierung vom 10. Februar 1919,

Hr. Willy Kükenthal, bestätigt durch Erlaß der preußischen Regierung vom 12. April 1919;

zu korrespondierenden Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Karl Engler in Karlsruhe
» Theodor Curtius in Heidelberg } am 26. Juni 1919,
» Gustav Tammann in Göttingen
» Hugo Bücking in Heidelberg am 8. Januar 1920;

zum korrespondierenden Mitglied der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Willy Bang-Kaup in Frankfurt a. M. am 27. Februar 1919.

Der beständige Sekretar Hr. von Waldeyer-Hartz legte dieses Amt mit dem 31. August 1919 nieder; zu seinem Nachfolger wählte die physikalisch-mathematische Klasse Hrn. Rubner, dessen Wahl von der Preußischen Regierung am 10. Mai 1919 bestätigt wurde.

Das ordentliche Mitglied der philosophisch-historischen Klasse Hr. Heusler verlegte im Sommer 1919 seinen Wohnsitz nach Basel und trat gemäß § 6 der Statuten der Akademie in die Reihe der Ehrenmitglieder über.

Gestorben sind:

die ordentlichen Mitglieder der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Simon Schwendener am 27. Mai 1919,
» Emil Fischer am 15. Juli 1919;

das ordentliche Mitglied der philosophisch-historischen Klasse:

Hr. Kuno Meyer am 11. Oktober 1919;

das auswärtige Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse:

Lord Rayleigh in London am 3. Juli 1919;

die korrespondierenden Mitglieder der physikalisch-mathematischen Klasse:

Hr. Edward Charles Pickering in Cambridge (Mass.) im Januar 1919.
» Roland Eötvös in Budapest am 8. April 1919,
» Friedrich Merkel in Göttingen am 29. Mai 1919,
» Gustav Retzius in Stockholm am 21. Juli 1919,
» Heinrich Bruns in Leipzig am 23. September 1919,
» Woldemar Voigt in Göttingen am 13. Dezember 1919.

Beamte der Akademie.

Ernannt:

Hr. Prof. Dr. Eduard Sthamer, bisher Assistent am Preußischen Historischen Institut in Rom, zum Bibliothekar und Archivar der Akademie, am 27. Juni 1919.

Gestorben:

Hr. Prof. Dr. Hans von Fritze, wissenschaftlicher Beamter, am 10. Juli 1919.

Verzeichnis der Mitglieder der Akademie am Schlusse des Jahres 1919

nebst den Verzeichnissen der Inhaber der Bradley-, Helmholtz- und der Leibniz-Medaille und der Beamten der Akademie, sowie der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw.

1. Beständige Sekretare

		Gewählt von der	Datum der Bestätigung
Hr.	*Diels*	phil.-hist. Klasse	1895 Nov. 27
-	*Roethe*	phil.-hist. -	1911 Aug. 29
-	*Planck*	phys.-math. -	1912 Juni 19
-	*Rubner*	phys.-math. -	1919 Mai 10

2. Ordentliche Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Bestätigung
	Hr. *Hermann Diels*	1881 Aug. 15
Hr. *Wilhelm von Waldeyer-Hartz*		1884 Febr. 18
- *Franz Eilhard Schulze*		1884 Juni 21
	- *Otto Hirschfeld*	1885 März 9
	- *Eduard Sachau*	1887 Jan. 24
- *Adolf Engler*		1890 Jan. 29
	- *Adolf von Harnack*	1890 Febr. 10
- *Hermann Amandus Schwarz*		1892 Dez. 19
- *Oskar Hertwig*		1893 April 17
- *Max Planck*		1894 Juni 11
	- *Carl Stumpf*	1895 Febr. 18
	- *Adolf Erman*	1895 Febr. 18
- *Emil Warburg*		1895 Aug. 13
	- *Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff*	1899 Aug. 2
- *Heinrich Müller-Breslau*		1901 Jan. 14
	- *Heinrich Dressel*	1902 Mai 9
	- *Konrad Burdach*	1902 Mai 9
- *Friedrich Schottky*		1903 Jan. 5
	- *Gustav Roethe*	1903 Jan. 5
	- *Dietrich Schäfer*	1903 Aug. 4
	- *Eduard Meyer*	1903 Aug. 4
	- *Wilhelm Schulze*	1903 Nov. 16
	- *Alois Brandl*	1904 April 3
- *Hermann Struve*		1904 Aug. 29

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Bestätigung
Hr. *Hermann Zimmermann*		1904 Aug. 29
- *Walter Nernst*		1905 Nov. 24
- *Max Rubner*		1906 Dez. 2
- *Johannes Orth*		1906 Dez. 2
- *Albrecht Penck*		1906 Dez. 2
	Hr. *Friedrich Müller*	1906 Dez. 24
- *Heinrich Rubens*		1907 Aug. 8
- *Theodor Liebisch*		1908 Aug. 3
	- *Eduard Seler*	1908 Aug. 24
	- *Heinrich Lüders*	1909 Aug. 5
	- *Heinrich Morf*	1910 Dez. 14
- *Gottlieb Haberlandt*		1911 Juli 3
	- *Benno Erdmann*	1911 Juli 25
- *Gustav Hellmann*		1911 Dez. 2
	- *Emil Seckel*	1912 Jan. 4
	- *Johann Jakob Maria de Groot*	1912 Jan. 4
	- *Eduard Norden*	1912 Juni 14
	- *Karl Schuchhardt*	1912 Juli 9
- *Ernst Beckmann*		1912 Dez. 11
- *Albert Einstein*		1913 Nov. 12
	- *Otto Hintze*	1914 Febr. 16
	- *Max Sering*	1914 März 2
	- *Adolf Goldschmidt*	1914 März 2
- *Fritz Haber*		1914 Dez. 16
	- *Karl Holl*	1915 Jan. 12
	- *Friedrich Meinecke*	1915 Febr. 15
- *Karl Correns*		1915 März 22
	- *Hans Dragendorff*	1916 April 3
	- *Paul Kehr*	1918 März 4
	- *Ulrich Stutz*	1918 März 4
	- *Ernst Heymann*	1918 März 4
	- *Michael Tangl*	1918 März 4
- *Karl Heider*		1918 Aug. 1
- *Erhard Schmidt*		1918 Aug. 1
- *Gustav Müller*		1918 Aug. 1
- *Rudolf Fick*		1918 Aug. 1
- *Konstantin Carathéodory*		1919 Febr. 10
- *Willy Kükenthal*		1919 April 12

3. Auswärtige Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse	Philosophisch-historische Klasse	Datum der Bestätigung
	Hr. *Theodor Nöldeke* in Straßburg	1900 März 5
	- *Friedrich Imhoof-Blumer* in Winterthur	1900 März 5
	- *Vatroslav von Jagić* in Wien	1908 Sept. 25
	- *Panagiotis Kabbadias* in Athen	1908 Sept. 25
	- *Hugo Schuchardt* in Graz	1912 Sept. 15

4. Ehrenmitglieder

	Datum der Bestätigung
Hr. *Max Lehmann* in Göttingen	1887 Jan. 24
- *Max Lenz* in Hamburg	1896 Dez. 14
- *Wilhelm Branca* in München	1899 Dez. 18
Hugo Graf *von und zu Lerchenfeld* in Berlin	1900 März 5
Hr. *Richard Schöne* in Berlin	1900 März 5
- *Konrad von Studt* in Berlin	1900 März 17
- *Andreas Heusler* in Basel	1907 Aug. 8
Bernhard Fürst *von Bülow* in Klein-Flottbek bei Hamburg	1910 Jan. 31
Hr. *Heinrich Wölfflin* in München	1910 Dez. 14
- *August von Trott zu Solz* in Kassel	1914 März 2
- *Rudolf von Valentini* in Hameln	1914 März 2
- *Friedrich Schmidt* in Berlin	1914 März 2
- *Richard Willstätter* in München	1914 Dez. 16

5. Korrespondierende Mitglieder

Physikalisch-mathematische Klasse

	Datum der Wahl
Karl Frhr. Auer von Welsbach auf Schloß Welsbach (Kärnten)	1913 Mai 22
Hr. *Oskar Brefeld* in Berlin	1899 Jan. 19
- *Otto Bütschli* in Heidelberg	1897 März 11
- *Giacomo Ciamician* in Bologna	1909 Okt. 28
- *Theodor Curtius* in Heidelberg	1919 Juni 26
- *William Morris Davis* in Cambridge, Mass.	1910 Juli 28
- *Ernst Ehlers* in Göttingen	1897 Jan. 21
- *Karl Engler* in Karlsruhe	1919 Juni 26
- *Max Fürbringer* in Heidelberg	1900 Febr. 22
Sir *Archibald Geikie* in Haslemere, Surrey	1889 Febr. 21
Hr. *Karl von Goebel* in München	1913 Jan. 16
- *Camillo Golgi* in Pavia	1911 Dez. 21
- *Karl Graebe* in Frankfurt a. M.	1907 Juni 13
- *Ludwig von Graff* in Graz	1900 Febr. 8
Julius Edler von Hann in Wien	1889 Febr. 21
Hr. *Sven Hedin* in Stockholm	1918 Nov. 28
- *Viktor Hensen* in Kiel	1898 Febr. 24
- *Richard von Hertwig* in München	1898 April 28
- *David Hilbert* in Göttingen	1913 Juli 10
- *Hugo Hildebrand Hildebrandsson* in Uppsala	1917 Mai 3
- *Emanuel Kayser* in München	1917 Juli 19
- *Felix Klein* in Göttingen	1913 Juli 10
- *Leo Koenigsberger* in Heidelberg	1893 Mai 4
- *Wilhelm Körner* in Mailand	1909 Jan. 7
- *Friedrich Küstner* in Bonn	1910 Okt. 27
- *Philipp Lenard* in Heidelberg	1909 Jan. 21
- *Karl von Linde* in München	1916 Juli 6
- *Gabriel Lippmann* in Paris	1900 Febr. 22
- *Hendrik Antoon Lorentz* in Haarlem	1905 Mai 4
- *Felix Marchand* in Leipzig	1910 Juli 28
- *Franz Mertens* in Wien	1900 Febr. 22
- *Alfred Gabriel Nathorst* in Stockholm	1900 Febr. 8
- *Karl Neumann* in Leipzig	1893 Mai 4
- *Max Noether* in Erlangen	1896 Jan. 30
- *Wilhelm Ostwald* in Groß-Bothen, Kgr. Sachsen	1905 Jan. 12
- *Wilhelm Pfeffer* in Leipzig	1889 Dez. 19
- *Georg Quincke* in Heidelberg	1879 März 13
- *Ludwig Radlkofer* in München	1900 Febr. 8
- *Theodore William Richards* in Cambridge, Mass.	1909 Okt. 28

		Datum der Wahl		
Hr.	*Wilhelm Konrad Röntgen* in München	1896	März	12
-	*Wilhelm Roux* in Halle a. S.	1916	Dez.	14
-	*Georg Ossian Sars* in Christiania	1898	Febr.	24
-	*Oswald Schmiedeberg* in Straßburg	1910	Juli	28
-	*Otto Schott* in Jena	1916	Juli	6
-	*Hugo von Seeliger* in München	1906	Jan.	11
-	*Ernest Solvay* in Brüssel	1913	Mai	22
-	*Johann Wilhelm Spengel* in Gießen	1900	Jan.	18
-	*Gustav Tammann* in Göttingen	1919	Juni	26
Sir	*Joseph John Thomson* in Cambridge	1910	Juli	28
Hr.	*Gustav Edler von Tschermak* in Wien	1881	März	3
-	*Hugo de Vries* in Lunteren	1913	Jan.	16
-	*Johannes Diderik van der Waals* in Amsterdam	1900	Febr.	22
-	*Otto Wallach* in Göttingen	1907	Juni	13
-	*Eugenius Warming* in Kopenhagen	1899	Jan.	19
-	*Emil Wiechert* in Göttingen	1912	Febr.	8
-	*Wilhelm Wien* in Würzburg	1910	Juli	14
-	*Edmund B. Wilson* in New York	1913	Febr.	20

Philosophisch-historische Klasse

		Datum der Wahl		
Hr.	*Karl von Amira* in München	1900	Jan.	18
-	*Klemens Baeumker* in München	1915	Juli	8
-	*Willy Bang-Kaup* in Darmstadt	1919	Febr.	13
-	*Friedrich von Bezold* in Bonn	1907	Febr.	14
-	*Joseph Bidez* in Gent	1914	Juli	9
-	*James Henry Breasted* in Chicago	1907	Juni	13
-	*Harry Breßlau* in Hamburg	1912	Mai	9
-	*René Cagnat* in Paris	1904	Nov.	3
-	*Arthur Chuquet* in Villemomble (Seine)	1907	Febr.	14
-	*Franz Cumont* in Rom	1911	April	27
-	*Louis Duchesne* in Rom	1893	Juli	20
-	*Franz Ehrle* in Rom	1913	Juli	24
-	*Paul Foucart* in Paris	1884	Juli	17
Sir	*James George Frazer* in Cambridge	1911	April	27
Hr.	*Wilhelm Fröhner* in Paris	1910	Juni	23
-	*Percy Gardner* in Oxford	1908	Okt.	29
-	*Ignaz Goldziher* in Budapest	1910	Dez.	8
-	*Francis Llewellyn Griffith* in Oxford	1900	Jan.	18
-	*Ignazio Guidi* in Rom	1904	Dez.	15
-	*Georgios N. Hatzidakis* in Athen	1900	Jan.	18

		Datum der Wahl
Hr.	*Bernard Haussoullier* in Paris	1907 Mai 2
-	*Johan Ludvig Heiberg* in Kopenhagen	1896 März 12
-	*Antoine Héron de Villefosse* in Paris	1893 Febr. 2
-	*Harald Hjärne* in Uppsala	1909 Febr. 25
-	*Maurice Holleaux* in Versailles	1909 Febr. 25
-	*Christian Hülsen* in Heidelberg	1907 Mai 2
-	*Hermann Jacobi* in Bonn	1911 Febr. 9
-	*Adolf Jülicher* in Marburg	1906 Nov. 1
Sir	*Frederic George Kenyon* in London	1900 Jan. 18
Hr.	*Georg Friedrich Knapp* in Straßburg	1893 Dez. 14
-	*Axel Kock* in Lund	1917 Juli 19
-	*Karl von Kraus* in München	1917 Juli 19
-	*Basil Latyschew* in St. Petersburg	1891 Juni 4
-	*Friedrich Loofs* in Halle a. S.	1904 Nov. 3
-	*Giacomo Lumbroso* in Rom	1874 Nov. 12
-	*Arnold Luschin von Ebengreuth* in Graz	1904 Juli 21
-	*John Pentland Mahaffy* in Dublin	1900 Jan. 18
-	*Wilhelm Meyer-Lübke* in Bonn	1905 Juli 6
-	*Ludwig Mitteis* in Leipzig	1905 Febr. 16
-	*Georg Elias Müller* in Göttingen	1914 Febr. 19
-	*Karl von Müller* in Tübingen	1917 Febr. 1
-	*Samuel Muller Frederikzoon* in Utrecht	1914 Juli 23
-	*Franz Praetorius* in Breslau	1910 Dez. 8
-	*Pio Rajna* in Florenz	1909 März 11
-	*Moriz Ritter* in Bonn	1907 Febr. 14
-	*Karl Robert* in Halle a. S.	1907 Mai 2
-	*Michael Rostowzew* in St. Petersburg	1914 Juni 18
-	*Edward Schröder* in Göttingen	1912 Juli 11
-	*Eduard Schwartz* in Straßburg	1907 Mai 2
-	*Bernhard Seuffert* in Graz	1914 Juni 18
-	*Eduard Sievers* in Leipzig	1900 Jan. 18
Sir	*Edward Maunde Thompson* in London	1895 Mai 2
Hr.	*Vilhelm Thomsen* in Kopenhagen	1900 Jan. 18
-	*Ernst Troeltsch* in Berlin	1912 Nov. 21
-	*Paul Vinogradoff* in Oxford	1911 Juni 22
-	*Girolamo Vitelli* in Florenz	1897 Juli 15
-	*Jakob Wackernagel* in Basel	1911 Jan. 19
-	*Adolf Wilhelm* in Wien	1911 April 27
-	*Ludvig Wimmer* in Kopenhagen	1891 Juni 4
-	*Wilhelm Wundt* in Leipzig	1900 Jan. 18

Inhaber der Bradley-Medaille

Hr. *Friedrich Küstner* in Bonn (1918)

Inhaber der Helmholtz-Medaille

Hr. *Santiago Ramón Cajal* in Madrid (1905)
- *Max Planck* in Berlin (1915)
- *Richard von Hertwig* in München (1917)
- *Wilhelm Konrad Röntgen* in München (1919)

Inhaber der Leibniz-Medaille

a. Der Medaille in Gold

Hr. *James Simon* in Berlin (1907)
- *Ernest Solvay* in Brüssel (1909)
- *Henry T. von Böttinger* in Elberfeld (1909)

Joseph Florimond Duc *de Loubat* in Paris (1910)
Hr. *Hans Meyer* in Leipzig (1911)
Frl. *Elise Koenigs* in Berlin (1912)
Hr. *Georg Schweinfurth* in Berlin (1913)
- *Otto von Schjerning* in Berlin (1916)
- *Leopold Koppel* in Berlin (1917)
- *Rudolf Havenstein* in Berlin (1918)
- *Heinrich Schnee* in Berlin (1919)

b. Der Medaille in Silber

Hr. *Karl Alexander von Martius* in Berlin (1907)
- *Adolf Friedrich Lindemann* in Sidmouth, England (1907)
- *Johannes Bolte* in Berlin (1910)
- *Albert von Le Coq* in Berlin (1910)
- *Johannes Ilberg* in Leipzig (1910)
- *Max Wellmann* in Potsdam (1910)
- *Robert Koldewey* in Babylon (1910)
- *Gerhard Hessenberg* in Breslau (1910)
- *Werner Janensch* in Berlin (1911)
- *Hans Osten* in Leipzig (1911)
- *Robert Davidsohn* in München (1912)
- *N. de Garis Davies* in Kairo (1912)
- *Edwin Hennig* in Tübingen (1912)
- *Hugo Rabe* in Hannover (1912)
- *Josef Emanuel Hibsch* in Tetschen (1913)
- *Karl Richter* in Berlin (1913)

Hr. *Hans Witte* in Neustrelitz (1913)
- *Georg Wolff* in Frankfurt a. M. (1913)
- *Walter Andrae* in Assur (1914)
- *Erwin Schramm* in Dresden (1914)
- *Richard Irvine Best* in Dublin (1914)
  Otto Baschin in Berlin (1915)
- *Albert Fleck* in Berlin (1915)
- *Julius Hirschberg* in Berlin (1915)
- *Hugo Magnus* in Berlin (1915)
- *E. Debes* in Leipzig (1919)
- *C. Dorno* in Davos (1919)
- *Johannes Kirchner* in Berlin (1919)
- *Edmund von Lippmann* in Halle a. S. (1919)

Freiherr *von Schrötter* in Berlin (1919)
Hr. *Otto Wolff* in Berlin (1919)

Beamte der Akademie

Bibliothekar und Archivar der Akademie: Dr. *Sthamer,* Prof.
Archivar und Bibliothekar der Deutschen Kommission: Dr. *Behrend*, Prof.
Wissenschaftliche Beamte: Dr. *Dessau*, Prof. — Dr. *Harms*, Prof. — Dr. *Karl Schmidt*, Prof. — Dr. Frhr. *Hiller von Gaertringen*, Prof. — Dr. *Ritter*, Prof. — Dr. *Apstein*, Prof. — Dr. *Paetsch*, Prof. — Dr. *Kuhlgatz,* Prof. — .....

Registrator und Kalkulator: *Grünheid.*
Hausinspektor und Kanzlist: .....
Akademiediener: *Hennig.* — *Janisch*, nimmt die Geschäfte des Hausinspektors wahr. — *Siedmann.*
Hilfsarbeiterin in der Bibliothek: Fräulein *Kilian.*
Hilfsarbeiterin im Bureau: Fräulein *Meyer.*
Hilfsdiener: *Glaeser.*

Verzeichnis der Kommissionen, Stiftungs-Kuratorien usw.

Kommissionen für wissenschaftliche Unternehmungen der Akademie.

Acta Borussica.

Hintze (geschäftsführendes Mitglied). Meinecke. Kehr.

Ägyptologische Kommission.

Erman. E. Meyer. W. Schulze.

Außerakad. Mitglieder: Junker (Wien). H. Schäfer (Berlin). Sethe (Göttingen). Spiegelberg (Straßburg).

Corpus inscriptionum Etruscarum.

Diels. Hirschfeld. W. Schulze.

Corpus inscriptionum Latinarum und Griechische Münzwerke.

Hirschfeld (Vorsitzender, leitet die epigraphischen Arbeiten). Dragendorff (leitet die numismatischen Arbeiten). Diels. von Wilamowitz-Moellendorff. Norden. Imhoof-Blumer (Winterthur).

Corpus medicorum Graecorum.

Diels. Sachau. von Wilamowitz-Moellendorff.

Deutsche Geschichtsquellen des 19. Jahrhunderts.

Meinecke. Roethe. Schäfer. Hintze. Sering. Holl. Kehr.

Deutsche Kommission.

Roethe (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Burdach. W. Schulze. Morf. Hintze. Kehr. Schröder (Göttingen). Seuffert (Graz).

Dilthey-Kommission.

Erdmann (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Stumpf. Burdach. Roethe. Seckel.

Geschichte des Fixsternhimmels.

Struve (geschäftsführendes Mitglied). G. Müller.

Außerakad. Mitglied: Cohn (Berlin).

Politische Korrespondenz Friedrichs des Großen.

Hintze (geschäftsführendes Mitglied). Meinecke. Kehr.

Fronto-Ausgabe.

Diels. Hirschfeld. Norden.

Herausgabe der Werke Wilhelm von Humboldts.

Burdach (geschäftsführendes Mitglied). von Wilamowitz-Moellendorff. Meinecke.

Herausgabe des Ibn Saad.

Sachau (geschäftsführendes Mitglied). Erman. W. Schulze. F. W. K. Müller.

Inscriptiones Graecae.

von Wilamowitz-Moellendorff (Vorsitzender). Diels. Hirschfeld. W. Schulze.

Kant-Ausgabe.

Erdmann (Vorsitzender). Diels. Stumpf. Roethe. Meinecke.
Außerakad. Mitglied: Menzer (Halle).

Ausgabe der griechischen Kirchenväter.

von Harnack (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. Holl. Loofs (Halle). Jülicher (Marburg).
Außerakad. Mitglied: Seeck (Münster), für die Prosopographia imperii Romani saec. IV—VI.

Leibniz-Ausgabe.

Erdmann (geschäftsführendes Mitglied). Planck. von Harnack. Stumpf. Roethe. Morf. Kehr. Erh. Schmidt.

Nomenclator animalium generum et subgenerum.

Kükenthal (geschäftsführendes Mitglied). von Waldeyer-Hartz. Heider.

Orientalische Kommission.

E. Meyer (geschäftsführendes Mitglied). Diels. Sachau. Erman. W. Schulze. F. W. K. Müller. Lüders.
Außerakad. Mitglied: Delitzsch (Berlin).

„Pflanzenreich".

Engler (geschäftsführendes Mitglied). von Waldeyer-Hartz. Correns.

Prosopographia imperii Romani saec. I—III.

Hirschfeld. Dressel.

Strabo-Ausgabe.

Diels. von Wilamowitz-Moellendorff. E. Meyer.

„Tierreich".

Kükenthal (geschäftsführendes Mitglied). von Waldeyer-Hartz. Heider.

Herausgabe der Werke von Weierstraß.

Planck (geschäftsführendes Mitglied). Schwarz.

Wörterbuch der deutschen Rechtssprache.

Roethe (geschäftsführendes Mitglied). Stutz. Heymann.

Außerakad. Mitglieder: Frensdorff (Göttingen). von Gierke (Berlin). Huber (Bern). Frhr. von Künßberg (Heidelberg). Frhr. von Schwerin (Freiburg). Frhr. von Schwind (Wien).

Wissenschaftliche Unternehmungen, die mit der Akademie in Verbindung stehen.

Corpus scriptorum de musica.

Vertreter in der General-Kommission: Stumpf.

Luther-Ausgabe.

Vertreter in der Kommission: von Harnack. Burdach.

Monumenta Germaniae historica.

Von der Akademie gewählte Mitglieder der Zentral-Direktion: Schäfer. Hintze.

Thesaurus der japanischen Sprache.

Sachau. W. Schulze. F. W. K. Müller.

Sammlung deutscher Volkslieder.

Vertreter in der Kommission: Roethe.

Wörterbuch der ägyptischen Sprache.

Vertreter in der Kommission: Erman.

Bei der Akademie errichtete Stiftungen.

Bopp-Stiftung.

Vorberatende Kommission (1918 Okt.—1922 Okt.).

W. Schulze (Vorsitzender). Lüders (Stellvertreter des Vorsitzenden). Roethe. Brandl.

Außerakad. Mitglied: Brückner (Berlin).

Charlotten-Stiftung für Philologie.

Kommission.

Diels. Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. W. Schulze. Norden.

Eduard-Gerhard-Stiftung.

Kommission.

Dragendorff (Vorsitzender). Hirschfeld. von Wilamowitz-Moellendorff. Dressel. E. Meyer. Schuchhardt.

Humboldt-Stiftung.

Kuratorium (1917 Jan. 1—1920 Dez. 31).

von Waldeyer-Hartz (Vorsitzender). Hellmann.

Außerakad. Mitglieder: Der vorgeordnete Minister. Der Oberbürgermeister von Berlin. P. von Mendelssohn-Bartholdy.

Akademische Jubiläumsstiftung der Stadt Berlin.

Kuratorium (1917 Jan. 1—1920 Dez. 31).

Planck (Vorsitzender). von Waldeyer-Hartz (Stellvertreter des Vorsitzenden). Diels. Hintze.

Außerakad. Mitglied: Der Oberbürgermeister von Berlin.

Stiftung zur Förderung der kirchen- und religionsgeschichtlichen Studien im Rahmen der römischen Kaiserzeit (saec. I—VI).

Kuratorium (1913 Nov.—1923 Nov.).

Diels (Vorsitzender). von Harnack.

Außerdem als Vertreter der theologischen Fakultäten der Universitäten Berlin: Holl, Gießen: Krüger, Marburg: Jülicher.

Graf-Loubat-Stiftung.

Kommission (1918 Febr.—1923 Febr.).

Sachau. Seler.

Albert-Samson-Stiftung.

Kuratorium (1917 April 1—1922 März 31).

von Waldeyer-Hartz (Vorsitzender). Planck (Stellvertreter des Vorsitzenden). Rubner. Orth. Penck. Correns. Stumpf.

Stiftung zur Förderung der Sinologie.

Kuratorium (1917 Febr.—1927 Febr.).

de Groot (Vorsitzender). F. W. K. Müller. Lüders.

Hermann-und-Elise-geb.-Heckmann-Wentzel-Stiftung.

Kuratorium (1915 April 1—1920 März 31).

Roethe (Vorsitzender). Planck (Stellvertreter des Vorsitzenden). Erman (Schriftführer). Nernst. Haberlandt. von Harnack.

Außerakad. Mitglied: Der vorgeordnete Minister.

Max-Henoch-Stiftung.

Planck (Vorsitzender). Schwarz. Schottky. Erh. Schmidt (Schriftführer). Carathéodory.

Paul-Rieß-Stiftung.

Kuratorium (1920 Jan. 1—1925 Dezember 31).

Planck. Beckmann. Rubens. Struve.

ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

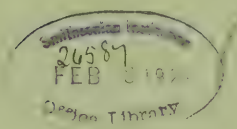
JAHRGANG 1919

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

GEDÄCHTNISREDE AUF SIMON SCHWENDENER

VON

G. HABERLANDT



BERLIN 1919

VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI DER
VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER WALTER DE GRUYTER U. CO.
VORMALS G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG. J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG.
GEORG REIMER. KARL J. TRÜBNER. VEIT U. COMP.

ABHANDLUNGEN

DER PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

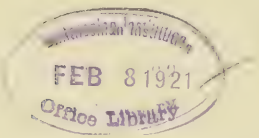
JAHRGANG 1919

PHYSIKALISCH-MATHEMATISCHE KLASSE

GEDÄCHTNISREDE AUF SIMON SCHWENDENER

VON

G. HABERLANDT



BERLIN 1919

VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI DER
VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER WALTER DE GRUYTER U. CO.
VORMALS G. J. GOSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG. J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG.
GEORG REIMER. KARL J. TRÜBNER. VEIT U. COMP.

Gehalten in der öffentlichen Sitzung am 3. Juli 1919.
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 14. Juli 1919.

Am 27. Mai d. J. ist Simon Schwendener, der Nestor der deutschen Botaniker, das älteste Mitglied unserer Akademie, der er vier Jahrzehnte lang angehört hat, im 91. Lebensjahre gestorben. Am 2. Juni haben wir, was sterblich an ihm war, auf dem alten Matthäikirchhof zur Ruhe bestattet.

Wenn wir uns das selten hohe Alter so recht verdeutlichen wollen, das der Verstorbene erreicht hat, so brauchen wir nur den Zustand der Wissenschaft, der Schwendener seine Lebensarbeit gewidmet, zur Zeit seiner Kinder- und Lehrjahre ins Auge zu fassen. Als er am 10. Februar 1829 zu Buchs im Kanton St. Gallen geboren wurde, da lebte noch Goethe und befaßte sich eifrig mit den Einwirkungen seiner Metamorphosenlehre auf die Pflanzenmorphologie seiner Zeit, die sich ganz auf das Gebiet einer mystischen Naturphilosophie verirrt hatte. Hugo von Mohl, der Begründer der neueren Pflanzenanatomie, stand erst am Beginn seiner Laufbahn und fing systematisch das feste Zellhautgerüst der Pflanzen zu untersuchen an, da vom lebenden Inhalt der Zellen, dem Mohl erst viel später den Namen »Protoplasma« gab, so gut wie noch gar nichts bekannt war. Als dann von Schleiden, Unger, Nägeli u. a. die heftigen Kämpfe um die Fragen der Zellbildung und Zellteilung ausgefochten wurden, Kämpfe, die zur Begründung der modernen Zellentheorie führten, da war der junge Schwendener bereits zum Jüngling herangewachsen, der sich allmählich für einen Lebensberuf zu entscheiden hatte.

Schwendeners Vater war Bauer, und so lag es nahe, den einzigen Sohn gleichfalls Landwirt werden zu lassen. Der kräftige Knabe hatte in der Tat auch Freude an landwirtschaftlicher Arbeit; im Sommer hütete er mit seinem Großvater tage- und wochenlang das Vieh auf der Alpe, und unten im Tale ritt er, wie er einst lachend erzählte, die vom Vater gezogenen Pferde kauflustigen Bauern und Händlern vor. Bei der Berufswahl entschied er sich

aber doch für den Lehrberuf. Er absolvierte ein Seminar und wurde in Buchs als Volksschullehrer angestellt. Bald aber ermöglichte ihm ein Vermächtnis seines Großvaters, die Studien wieder aufzunehmen. Er ging nach Genf, bereitete sich dort auf das Abiturientenexamen vor und besuchte an der Akademie u. a. die Vorlesungen THURYS und ALPHONS DE CANDOLLES. Bald aber mußte er aus Mangel an Mitteln das Studium wieder unterbrechen und eine Lehrerstelle an einer Privatlehranstalt übernehmen. Ihr Inhaber war ein bejahrter Mann und wollte dem jungen Lehrer, der das Herz seiner Tochter gewonnen hatte, die Anstalt überlassen. Damals stand SCHWENDENER, wie er mir selbst erzählte, vor dem schwersten Entschluß seines Lebens. Die Stimme des Herzens sprach Ja, der Forscherdrang in ihm ein noch bestimmteres Nein. So schnürte er wieder sein Bündel und zog nach Zürich, wo er unter OSWALD HEER 1856 mit einer schon in Genf auf Anregung DE CANDOLLES begonnenen phänologischen Arbeit über »die periodischen Erscheinungen der Natur, insbesondere der Pflanzenwelt« zum Doktor promovierte.

Ein Jahr vorher war KARL NÄGELI aus Freiburg i. Br. an das neugegründete eidgenössische Polytechnikum in Zürich berufen worden und kündigte hier sofort auch botanisch-mikroskopische Übungen an. Das bedeutete für SCHWENDENER, der bis dahin keine Gelegenheit gefunden hatte, ein Mikroskop zu benutzen, die Erfüllung seines sehnlichsten Wunsches. Es bedeutete aber für ihn noch weit mehr: den Anschluß an den Lehrer, dem er sich geistesverwandt fühlte und der auf die weitere Entwicklung seiner Forscherlaufbahn einen entscheidenden Einfluß ausgeübt hat. Was ihn seinen eigenen Worten zufolge an NÄGELI am meisten fesselte, das war vor allem »die kritische Schärfe seines Verstandes, der weite Horizont und die kühle Überlegenheit seiner Logik, die ihm im Gespräch über botanische Fragen von Tag zu Tag mehr, sieghaft und anregend zugleich, entgegentraten«. Aber auch der Lehrer erkannte die Kongenialität des Schülers. Er erkannte in ihm dasselbe Bestreben nach mathematischer Strenge und Präzision in der Darstellung morphologischer und entwicklungsgeschichtlicher Tatsachen, nach geometrischer Klarheit bei der Erfassung der räumlichen Beziehungen der Organe, Zellen und Zellkomplexe, das ihm selbst in so hohem Maße eigen war. Als daher NÄGELI im Sommer 1857 einem Rufe an die Universität München folgte, trug er SCHWENDENER die Assistentenstelle bei ihm an, und gleich nach ihrer Übersiedelung begann

die gemeinsame Arbeit, die für die Wissenschaft so wertvolle Früchte getragen hat.

An erster Stelle sei hier gleich des berühmten Werkes der beiden Forscher über das Mikroskop gedacht, von dem der 1. Teil »Die Theorie des Mikroskops und die mikroskopische Wahrnehmung« im Jahre 1865, der 2. Teil »Die Anwendung des Mikroskops« 1867 erschienen ist. Es ist hier nicht der Ort, auseinanderzusetzen, um wie vieles die beiden Botaniker im Verständnis der Eigenart und der Leistungsfähigkeit dieses Instrumentes alle Biologen und auch Physiker vor ihnen übertroffen haben, daß sie erst die Grundlagen schufen, auf denen dann Abbe weiterbaute und die Theorie des Mikroskops und des mikroskopischen Sehens zu so hoher Vollendung steigerte. Wohl aber muß hervorgehoben werden, daß in beiden Auflagen des Werkes auch ein bis in die kleinsten Einzelheiten auf eigener kritischer Beobachtung beruhender Grundriß der inneren und äußeren Morphologie der Pflanze geboten wird, dessen Anregungen selbst heute noch nicht vollständig erschöpft sind.

In der Hauptsache fallen aber in die Münchener Jahre (von 1857 bis 1867) die ausgedehnten »Untersuchungen über den Flechtenthallus«. Es sind vor allem Nägelis grundlegende Arbeiten »über das Wachstum des Stammes und der Wurzel bei den Gefäßpflanzen« gewesen, an denen auch Schwendener als Assistent beteiligt war, die ihm den Gedanken nahelegten, eine in gleicher Weise tief eindringende anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung auch im Bereiche der niederen Pflanzen auszuführen. Es mußte ferner den jungen Forscher, der es im Gebrauch des Mikroskops so rasch zu hoher Meisterschaft gebracht hatte, besonders reizen, seine Kunst an einem in histologischer Hinsicht so schwierigen Objekte zu erproben, wie es der Flechtenkörper ist.

Es hat sich in der Geschichte der biologischen Wissenschaften wohl kaum ein zweites Mal ereignet, daß die Ergebnisse einer nüchtern-deskriptiven Untersuchung in einer so unerwarteten, kühnen und vielen Forschern ganz phantastisch erscheinenden Schlußfolgerung gegipfelt haben, wie Schwendeners Arbeiten über den Flechtenthallus. Dieses Ergebnis wird schon im Nachtrag zur letzten Abhandlung über die Laub- und Gallertflechten 1868 kurz angedeutet: es drängt sich ihm die Frage auf, ob nicht vielleicht für sämtliche Flechten die Annahme gilt, daß ihre grünen Zellen, die sog. »Gonidien durchgehends als typische Algen und die farblosen

Zellfäden als Pilzhyphen zu betrachten seien«. Diese einstweilen noch hypothetisch ausgesprochene Ansicht hat SCHWENDENER in seinem 1869 erschienenen Programm für die Rektoratsfeier der Universität Basel, an die er zwei Jahre früher als ordentlicher Professor berufen worden, zur völligen Gewißheit erhoben. Der Titel dieser Arbeit, in der die moderne Flechtentheorie vor genau einem halben Jahrhundert begründet wurde, gibt bereits die Richtung an, die die Beweisführung einschlägt. Er lautet nämlich: »Die Algentypen der Flechtengonidien«. Es wird darin der zwingende Nachweis erbracht, daß die Gonidien der verschiedenen Laub-, Strauch- und Gallertflechten auf das genaueste acht verschiedenen Algentypen entsprechen und daß diese vollständige Übereinstimmung nur verständlich wird, wenn man die Gonidien für Algen erklärt. Die Flechten sind demnach als besondere Hauptabteilung der Kryptogamen zu streichen, sie sind vielmehr Pilze aus der Klasse der Ascomyceten, die auf Algen schmarotzen. In der Einleitung dieser Schrift wird auch das physiologische Verhältnis zwischen Pilz und Alge im Sinne einer Lebensgemeinschaft, für die DE BARY später den Ausdruck Symbiose geprägt hat, mit eindringlichen Worten richtig gekennzeichnet. »So bieten uns also die Flechten«, sagt SCHWENDENER, »diese ‚rustici pauperrimi' das düstere, aber doch lebensfrische Bild eines herrschenden, man möchte beinahe sagen mit staatsmännischer Klugheit berechneten Schmarotzertums auf der einen, und eines niederen, zu ewiger Unfreiheit verurteilten Helotentums auf der anderen Seite, — ein Bild, das zwar in einzelnen Zügen auch im Tierreich und im Leben der Völker seine Analogien findet, jedoch in dieser Eigenartigkeit und Absonderlichkeit in der ganzen Reihe organischer Wesen nicht wiederkehrt.«

Nach dem Abschluß seiner Flechtenarbeiten traf SCHWENDENER alsbald die Vorbereitungen für seine zweite wissenschaftliche Großtat. Die Neigung zur Bearbeitung mechanischer Probleme, die ihn von nun an nicht mehr losließ, veranlaßte ihn, sich mit der Frage zu beschäftigen, was für Festigungseinrichtungen den Pflanzen zu Gebote stehen und ob sich in Bau und Anordnung dieser Einrichtungen die Anpassung an ihre Funktion bestimmt zu erkennen gibt. Es erscheint uns heute fast unbegreiflich, daß diese Frage so spät erst aufgeworfen wurde, wo doch jeder Laie sich sagen mußte, daß vom Grashalm angefangen, der im Winde schwankt, bis zum mächtigen Baumriesen, dessen Stamm die schwere Last der Krone zu tragen hat, an den Pflanzenkörper die mannigfachsten Festigkeitsansprüche gestellt werden.

Daß die Tiere ein Skelett besitzen, sei es nun Hautskelett oder Knochengerüst, legte unbegreiflicherweise keinem Botaniker vor Schwendener den Analogieschluß nahe, daß auch bei den Pflanzen ein mechanisches System, ein Skelett zu erwarten sei. Dabei war es nicht einmal eine gewisse Scheu vor gewagten Analogieschlüssen, die diese Kurzsichtigkeit verschuldete. Nur zu oft haben in der Geschichte der Anatomie und Physiologie der Pflanzen falsche Analogien mit den Einrichtungen des tierischen Organismus eine verhängnisvolle Rolle gespielt und die Entwickelung der Wissenschaft aufgehalten. Hat doch schon einer der Begründer der Pflanzenanatomie, Malpighi, die Wasserleitungsröhren des Holzes wegen ihrer Ähnlichkeit mit den Tracheen des Insektenleibes als Durchlüftungsorgane bezeichnet, Alexander von Humboldt die Bastzellen in funktioneller Hinsicht mit Muskelfasern verglichen und Schultz-Schultzenstein die Milchsaftgefäße der Pflanzen dem Gefäßsystem der Tiere an die Seite gestellt. Um so größer ist das Verdienst Schwendeners, zum ersten Male seit der Entdeckung des zelligen Baues der Organismen eine richtige Analogie großen Stiles im anatomischen Bau des Tier- und Pflanzenkörpers aufgedeckt zu haben.

Das klassische Werk, worin Schwendener seine Entdeckung des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen mitgeteilt hat, ist 1874 unter dem Titel »Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen« erschienen. Es fällt auf, daß damit nicht das Pflanzenskelett als solches, sondern das mechanische Prinzip, das seinen Aufbau beherrscht, in den Vordergrund gerückt wird. Das ist gewiß mit voller Absicht geschehen, denn nicht die Tatsache, daß die Pflanzen überhaupt ein mechanisches System besitzen, war für Schwendener das Neue und Wichtige, sondern daß in Bau und Anordnung dieses Systems die Prinzipien der theoretischen Mechanik in überraschend vollkommener Weise zur Geltung kommen. Die vollendete Übereinstimmung zwischen Bau und Funktion war es, worauf Schwendener das Hauptgewicht legte.

Damit war aber der Grundstein gelegt für das Lehrgebäude der physiologischen Pflanzenanatomie. Gleich der zweite Satz des vorhin erwähnten Werkes lautet: »Bei den Gefäßpflanzen sind alle wichtigen Funktionen auf ebenso viele anatomisch ausgezeichnete Gewebeformen verteilt.« Es kann sonach keinem Zweifel unterliegen, daß Schwendener schon bei der Abfassung des »Mechanischen Prinzips« eine anatomisch-physiologische Einteilung der Gewebesysteme vorschwebte, wenn er diesen Gedanken auch

nirgends weiter ausgeführt und begründet hat. Es muß sogar auffallen, daß SCHWENDENER drei Jahre später in der 2. Auflage des »Mikroskops« im Widerspruch mit dem vorhin zitierten Satze nur zwei Gewebesysteme unterschieden hat, das ernährungsphysiologische und das mechanische System, wobei er dem ersteren nicht nur die Funktion der Assimilation, der Stoffleitung und Stoffspeicherung, sondern auch den Schutz gegen zu rasche Verdunstung u. a. zuschrieb. Und in der Antrittsrede, die er am 8. Juli 1880 in unserer Akademie gehalten hat, sprach er sich über die Zukunft der neuen Richtung noch sehr vorsichtig und zurückhaltend aus. Es sei erst ein kleiner Schritt nach einem entfernten Ziel getan; auch dürfte die Wechselbeziehung zwischen Bau und Funktion der Gewebe nur teilweise, oft nur in wenigen Punkten erkennbar sein. Um so größer war daher seine Genugtuung, als sich bald darauf auf Grund eigener und zahlreicher Schülerarbeiten herausstellte, daß jene Wechselbeziehungen doch zahlreicher sind und mit größerer Sicherheit aufgedeckt werden können, als er sich anfänglich dachte. Und als dann vier Jahre später, 1884, die erste Auflage meiner »Physiologischen Pflanzenanatomie« erschien, da sah er früher, als er gehofft, den Wunsch verwirklicht, den er mir gegenüber in Tübingen unmittelbar nach dem Erscheinen des letzten großen Handbuches der rein deskriptiven Pflanzenanatomie von DE BARY 1877 geäußert hatte: »Das inhaltsreiche verdienstliche Werk, das ich hier in den Händen halte, kann keine Anregungen mehr bieten und ist deshalb veraltet. Die Zukunft gehört einem Lehrbuch der physiologischen Pflanzenanatomie.« Er hat richtig prophezeit. Nach mehr als einem Menschenalter durfte ich dem Meister beim Eintritt in sein 90. Lebensjahr die 5. Auflage meines Werkes widmen.

Im Jahre 1876 war SCHWENDENER als Nachfolger HOFMEISTERS an die Universität Tübingen übersiedelt. Er fühlte sich hier sehr wohl. Die anmutige Landschaft und ein sympathischer Kollegenkreis machten ihm den Abschied schwer, als er schon zwei Jahre später, 1878, als Nachfolger ALEXANDER BRAUNS an die Universität Berlin berufen wurde. Hier sammelte er in dem neubegründeten botanischen Institut alsbald einen Kreis begeisterter Schüler um sich, auf den er bei der Annahme des Rufes mit Bestimmtheit gerechnet hatte. In rascher Folge veröffentlichte er selbst in den Schriften unserer Akademie eine Anzahl wichtiger Beiträge zur allgemeinen Botanik, die meist zugleich die Lösung mechanischer und physikalisch-physiologischer Probleme brachten. So die Arbeiten über Scheitelwachstum

mit mehreren Scheitelzellen, über Bau und Mechanik der Spaltöffnungen, die durch Wachstum bedingte Verschiebung kleinster Teilchen in trajektonischen Kurven, über das Winden der Pflanzen, die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen, Untersuchungen über das Saftsteigen, über Quellung und Doppelbrechung vegetabilischer Membranen, die Gelenkpolster von *Mimosa pudica*, *Phaseolus* und *Oxalis*, über den Öffnungsmechanismus der Antheren u. a. m. Seit 1890 aber sah er sich genötigt, die Waffen seines Scharfsinns zur Verteidigung seines dritten Hauptwerkes anzuwenden, mit dem er sich 1878 in Berlin eingeführt hatte, seiner »Mechanischen Theorie der Blattstellungen«. Sie ist sein Schmerzenskind geworden.

Die spiralige Stellung der Blätter am Stengel war seit jeher ein Lieblingsthema der Pflanzenmorphologie. Die Naturphilosophie der ersten Dezennien des 19. Jahrhunderts hat sie in einen mystischen Schleier gehüllt, hinter dem der alternde Goethe eine allgemeine Spiraltendenz der Vegetation zu erblicken glaubte. Sie hat diesen rätselhaften Charakter auch nicht verloren, als Karl Schimper und Alexander Braun eine in rein formaler Hinsicht höchst vollendete Blattstellungslehre schufen, deren geometrische Konstruktionen die verschiedenartigsten Blattstellungen mit großer Eleganz auf ein einheitliches Prinzip zurückzuführen vermochten. Von einer kausalen Erklärung der Blattstellungen konnte dabei keine Rede sein. Die idealistische Naturauffassung Schimpers und Brauns hat darauf von vornherein verzichtet.

Der erste, der vom Standpunkte der Entwicklungsgeschichte aus die Spiraltendenz bei der Entstehung der Blätter leugnete, war W. Hofmeister. Nach ihm sollte in einer bestimmten Zone des Stammscheitels jeder beliebige Punkt befähigt sein, zu einer Blattanlage auszuwachsen. Der Entstehungsort eines neuen Blattes wird bestimmt durch die Konfiguration der älteren Blattanlagen; die neuen Blätter entstehen über den weitesten Lücken zwischen den nächstbenachbarten älteren Blättern: sie entstehen dort, wo sie den meisten Platz finden.

Diesen zuerst von Hofmeister ausgesprochenen Satz hat nun Schwendener übernommen und durch den Hinweis darauf ergänzt, daß die Blattanlagen, sobald sie die Form von halbkugeligen Höckern erlangt haben, mit den benachbarten in unmittelbare Berührung treten, indem sie mindestens zwei derselben tangieren. Dieser Kontakt der neuen Organe mit vorhergehenden ist die wichtigste Voraussetzung für den eigentlichen Kern der Schwen-

DENERschen Blattstellungslehre, für die Druckwirkungen, die zu den sogenannten »Dachstuhlverschiebungen« führen. Die mechanischen Folgen dieser Druckwirkungen werden nun in musterhafter Weise klargelegt. Ihr Ergebnis sind die mannigfachen Blattstellungen und ihre Übergänge am ausgewachsenen Stengel. Was uns SCHWENDENER mit dieser Theorie bietet, das ist einmal wirkliche »Entwickelungsmechanik« im strengsten Sinne des Wortes.

Die Angriffe gegen die neue Blattstellungstheorie ließen über ein Jahrzehnt lang auf sich warten. Sie setzten, was ausdrücklich betont werden muß, in wirksamster Weise nicht am prinzipiell wichtigsten Punkte an, an den Folgen der Druckwirkungen, sondern am Zustandekommen des Kontaktes und an dem Prinzip der vollständigen Raumausfüllung durch die neuen Blattanlagen. Für das eigentliche Wesen der Theorie muß es aber gleichgültig sein, von welchen Faktoren die Orte der ersten Anlage der neuen Blätter bestimmt werden, wenn nur bei ihrem allmählichen Größerwerden der Anschluß erreicht wird und die Druckwirkungen einsetzen können. Daß es sich bei der ersten Entstehung der Blattanlagen nicht um eine grobmechanische Raumfrage handeln kann, daß vielmehr wahrscheinlich chemische Reizwirkungen, die von den älteren Anlagen ausgehen, die Entstehungsorte der jüngeren Blätter bestimmen, ist gegenwärtig kaum zu bezweifeln. Ansätze zu einer solchen Erklärung, die auf innere Ursachen ohne naturphilosophischen Beigeschmack zurückgreift, sind schon vorhanden. Was aber die Verschiebungen der heranwachsenden Blattanlagen nach eingetretenem Kontakt anlangt, so wird sich erst noch zeigen müssen, ob nicht, in vielen Fällen wenigstens, SCHWENDENER doch Recht behält. Aber selbst dann, wenn die mechanische Theorie der Blattstellungen mit allen ihren Voraussetzungen in ihre Gänze fallen würde, so wäre sie doch in der Geschichte der Pflanzenmorphologie eine ebenso notwendige Erscheinung, die wir keinesfalls vermissen möchten, wie die rein formalgeometrische Blattstellungslehre von SCHIMPER und BRAUN. Sie wird immer als klassisches Beispiel eines streng kausalmechanischen Erklärungsversuchs anzusehen sein.

Zu den großen Zeit- und Streitfragen der Biologie hat sich SCHWENDENER nur selten und meist sehr zurückhaltend geäußert. Er war ein überzeugter Anhänger der Deszendenzlehre, zugleich aber mit NÄGELI ein entschiedener Gegner der Selektionstheorie. Als ich in der ersten Auflage meiner »Physio-

logischen Pflanzenanatomie« den Satz aussprach, daß es erst dem Scharfsinn Darwins gelungen sei, für die teleologische Erklärungsweise die mechanische Formel zu finden und so die Bahn für die Erforschung zweckmäßiger Einrichtungen im Bau der Organismen freizumachen, da erhob Schwendener für seine Person brieflich Einspruch gegen eine solche Darstellung. Er sei ganz unabhängig und unbeeinflußt von Darwinschen Ideen über das Zustandekommen zweckmäßiger Anpassungen zu seiner Aufstellung des so rationell gebauten mechanischen Gewebesystems gekommen. Die biegungsfesten und druckfesten Konstruktionen der Ingenieure, die eisernen Brücken und Bahnhofshallen mit ihren zahllosen I-Trägern seien es gewesen, die ihn auf die Idee eines nach gleichen Prinzipien gebauten Pflanzenskeletts gebracht hätten, nicht aber Darwinsche Gedankengänge. Später hat sich Schwendener betreffs des Zustandekommens zweckmäßiger Anpassungen an Nägelis Theorie der direkten Bewirkung, also dem Neolamarckismus, angeschlossen und mithin auch eine Vererbung erworbener Eigenschaften angenommen. An der Begründung dieser Lehre hat er sich aber nicht weiter beteiligt. Er hatte eine zu starke Abneigung vor spekulativen Weiterungen und vor dem Gewirr naturphilosophischer Konsequenzen. Unter Naturphilosophie verstand Schwendener freilich vor allem jene Denkrichtung, die sich in der idealistischen Morphologie der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts aussprach und die er auch noch bei den Gegnern seiner Blattstellungslehre voraussetzte, wenn sie auf innere Ursachen der Gestaltung hinwiesen. In solchen Fällen betonte er immer aufs schärfste seine streng mechanistische Auffassung der Lebensvorgänge.

Je älter Schwendener wurde, desto mehr Wert legte er auf die Erklärung der Naturerscheinungen, auf die Aufdeckung der Zusammenhänge, und desto geringer dachte er von der bloßen Aufstapelung von Beobachtungstatsachen. Diese Geringschätzung der rein beschreibenden Forschung muß eigentlich wundernehmen bei einem Manne, der am Beginn seiner Laufbahn eine solche Fülle reiner Beobachtungstatsachen gesammelt hat. Die Wurzeln dieser Abneigung, die sich fast bis zur Feindseligkeit steigerte und ihm auch bei der Würdigung systematischer Arbeiten hinderlich im Wege stand, waren letzten Endes in seiner allmälichen Abkehr von der unmittelbaren Naturbeobachtung zu suchen, die teilweise auf starker beruflicher Inanspruchnahme, teilweise wohl auch auf dem Nachlassen seiner Sinnesfunktionen beruhte. Entscheidend war freilich der kontemplative, nach innen

gekehrte Zug seines Wesens. Die Einzelbeobachtung wurde ihm bald nur Mittel zum Zweck, er hatte kein Interesse, kein Vergnügen mehr an einer neuen Beobachtung als solcher, und da ihm diese naive Entdeckerfreude allmählich verlorenging, blieben auch die wissenschaftlichen Anregungen aus, die dem Biologen nur im steten innigen Verkehr mit der unergründlich mannigfaltigen Natur zuströmen. So breitete sich eine leise Tragik über die beiden letzten Jahrzehnte seines Lebens, die ihm aber in seiner ruhigen Selbstsicherheit zum Glück kaum zum Bewußtsein kam.

Das Einheitliche, Geschlossene, man möchte sagen Monumentale, das sich in SCHWENDENERS Forscherarbeit aussprach, war der Ausdruck seiner starken, scharfumrissenen und imponierenden Persönlichkeit. Er war ein stolzer, aufrechter Mann, unnachgiebig, ja schroff, wenn es galt, für seine wissenschaftliche Überzeugung einzutreten, doch milde, gütig, nachsichtig in allen menschlichen Dingen. So lebt er fort in unserer Erinnerung und in der Geschichte der Wissenschaft.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

Sonderabdrucke aus den Abhandlungen der Akademie

von den Jahren 1911—1918.

Physikalisch-mathematische Klasse.

L. Lichtenstein: Beweis des Satzes, dass jedes hinreichend kleine, im wesentlichen stetig gekrümmte, singularitätenfreie Flächenstück auf einen Theil einer Ebene zusammenhängend und in den kleinsten Theilen ähnlich abgebildet werden kann. 1911 . . . . . ℳ 3.75

Struve: Bahnen der Uranustrabanten. Erste Abtheilung. Oberon und Titania. 1912 . . . . . » 8.25

E. Kötter: Über den Grenzfall, in welchem ein ebenes Fachwerk von n Knotenpunkten und $2n-3$ Stäben oder ein räumliches Fachwerk von n Knotenpunkten und $3n-6$ Stäben nicht mehr statisch bestimmt ist. 1912 . . » 8.25

A. Johnsen: Die Gesteine der Inseln S. Pietro und S. Antioco (Sardinien). 1912 » 8.25

H. Klaatsch: Morphologische Studien zur Rassendiagnostik der Turfanschädel. 1912 . . . . . » 7.50

E. E. Goldmann: Vitalfärbung am Centralnervensystem. 1913 . . . . . » 6.75

L. Will: Kolloidale Substanz als Energiequelle für die mikroskopischen Schusswaffen der Coelenteraten. 1914 . . . . . » 2.25

Branca: Bericht über die mir zugegangenen Urteile der Fachgenossen, betreffend die in »Ziele vulkanologischer Forschung« von mir gemachten Vorschläge. 1914 . . . . . » 3.75

H. Virchow: Gesichtsmuskeln des Schimpansen. 1915 . . . . . » 7.50

M. Rothmann und E. Teuber: Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa.
I. Ziele und Aufgaben der Station sowie erste Beobachtungen an den auf ihr gehaltenen Schimpansen. 1915 . . . . . » 1.50

W. Köhler: Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa.
II. Optische Untersuchungen am Schimpansen und am Haushuhn. 1915 » 4.50

H. Strahl und E. Ballmann: Embryonalhüllen und Plazenta von *Putorius furo*. 1915 . . . . . » 12.—

Branca: Einige Betrachtungen über die ältesten Säuger der Trias- und Liaszeit. 1915 . . . . . » 4.50

Engler: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Hochgebirgsfloren. 1916 » 12.75

W. Köhler: Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa.
III. Intelligenzprüfungen an Anthropoiden. I. 1917 . . . . . » 14.25

von Waldeyer-Hartz: Die Intraparietalnähte. 1917 . . . . . » 7.50

G. Struve: Neue Elemente der inneren Saturnstrabanten. 1918 . . . . . » 10.50

W. Köhler: Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa.
IV. Nachweis einfacher Strukturfunktionen beim Schimpansen und beim Haushuhn. 1918 . . . . . » 6.—

O. Aichel: Kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer. 1918 . . . . . » 10.50

F. K. Ginzel: Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse und zur Frage ihrer Verwendbarkeit. 1918 . . . . . » 4.50

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01298 9026